

Ueber die
Begründung der Pflanzenanatomie
durch
Nehemia Grew und Marcello Malpighi.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

philosophischen Fakultät

der Rhein. Friedrich - Wilhelms - Universität zu Bonn

eingereicht und mit den beigefügten Thesen vertheidigt

am 15. März 1886, Mittags 12 Uhr

von

Adalbert von Hanstein,

Berlin.

Opponenten:

Max Bleibtreu, cand. math.,

Hugo Löwe, Dd. phil.,

Frederick H. Hatch, Dd. phil.

Bonn,

Universitäts - Buchdruckerei von Carl Georgi.

1886.

Verzeichnis der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Sammlung der in der

Meiner lieben Mutter.

Walter H. Miller

Einleitung.

Der Anfang der Geschichte der Mikroskopie fällt in das Ende des siebzehnten Jahrhunderts.

Sie verdankt ihre Entstehung zwei Ursachen. Die eine äusserliche liegt auf der Hand. Es ist die Erfindung des Mikroskops durch Janssen, Vater und Sohn, um das Jahr 1600. Die zweite tiefer liegende ist der Drang nach der Erforschung des Lebens, der schon lange bei Philosophen, Chemikern und Aerzten die verschiedenartigsten Hypothesen hervorgerufen.

Die Folge jener ersten Ursache ist naturgemäss die, dass Männer auftraten, welche alles erdenkliche mikroskopisch untersuchten. Einer der ersten unter ihnen ist Robert Hooke¹⁾, ein Verfertiger von Mikroskopen in London, der in bunter Reihenfolge alles Mögliche in seiner Mikrographie zusammengestellt und in Wahrheit der erste Beobachter ist, der eine Zelle gesehen hat.

Aber das Verdienst, eine wissenschaftliche Mikroskopie begründet zu haben, gebührt anderen Forschern. In der Botanik sind es Nehemia Grew und Marcello Malpighi, welche als erste mikroskopische Beobachter genannt zu werden verdienen. Ein besonders glücklicher Umstand darf es genannt werden, dass zwei so verschieden beanlagte Männer gleichzeitig und völlig unabhängig von einander an die Lösung derselben grossen Aufgabe gingen. Wenn Malpighi das Muster eines inductiven Forschers genannt werden kann, welcher beobachtet und experimentirt ohne Vor-

1) Rob. Hooke, Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. London 1667.

urtheil und unbekümmert um den Erfolg, so kann man dem grossen Engländer es nicht absprechen, dass er der genialere, umfassendere Geist ist. Malpighi's Name ist allerdings in der Zoologie und in der Medizin ebenso bekannt als in der Botanik, und seine Beobachtungsgabe war so bedeutend, dass wir noch heute in jedem Handbuche seine Autorschaft für vieles anerkannt sehen. Das rete Malpighi, die Malpighi'schen Gefässe u. s. w. zeugen noch heute von seinen Thaten. Grew ist nur dem Botaniker und zwar nur demjenigen bekannt, der sich um die Geschichte seiner Wissenschaft kümmert. Keine seiner Beobachtungen gilt heute noch als fundamental und kein Name erinnert an seine Wirksamkeit. Vom Parenchym wird zwar täglich und stündlich gesprochen, aber fast niemand erinnert sich dabei des Mannes, der es zuerst erforscht und benannt. Und dennoch fasste er seine Aufgabe weit höher als Malpighi. Er versenkte sich in die Chemie und die Physik und suchte mit ihren Erfahrungen und mit den herrschenden philosophischen Ideen seine mikroskopischen Beobachtungen in Einklang zu bringen, und ein höheres Verdienst als dieses kann sich ein Physiolog wol niemals erwerben. Während Malpighi's lose zusammengefasste einzelne Abhandlungen eine Sammlung für ihre Zeit vortrefflicher Monographien bilden, hat Grew aus einem Gusse eine Wissenschaft geschaffen, die vorher nicht existirte, und in seinem nach Totalität strebenden Geiste steckte er die weiteren Grenzen jenes unerforschten Landes ab, dessen „Vorgebirge“¹⁾ Malpighi, um sein eigenes Bild zu brauchen, kaum erreicht.

Um aber dies alles richtig beurtheilen zu können, müssen wir wenigstens einigermaßen uns über den damaligen Stand der Naturerkenntniss orientiren.

Vor allen Dingen ist es die Chemie²⁾, die unsere Aufmerksamkeit fesseln muss. Sie tritt soeben in eine neue Aera ein. Wie einst die Alchemisten dem Paracelsus, so sind jetzt des Paracelsus' Epigonen jener langen Reihe von Chemikern gewichen, die mit Boyle anhebt. Während die

1) M. Malpighi, *Anatome plantarum* Praefatio p. 1.

2) Kopp, *Geschichte der Chemie*. Braunschweig 1843—47.

Chemie bisher den Zweck hatte, zur Heilung der Krankheiten beizutragen, wird sie jetzt Selbstzweck. Aber um das Ende des siebzehnten Jahrhunderts hat die Iatrochemie doch noch Ansehen und hervorragende Vertreter, wie den berühmten Arzt Willis. Deshalb ist sie von grossem Einfluss auf die organischen Naturwissenschaften jener Epoche. Man glaubte, dass das Leben nichts sei, als ein chemischer „Gährungsprozess“, hervorgebracht durch zwei entgegengesetzte Elemente. Was aber „Gährung“ sei, das wusste man nicht. Van Helmont (1577—1644) war der Ansicht gewesen, dass saure und alkalische Säfte jene „Gährung“ hervorriefen, aus der die Functionen des Körpers resultiren sollten. Unrichtige Mischung dieser beiden Elemente sei die Ursache aller Krankheiten. Energische Vertreter dieser schon von Paracelsus herrührenden Idee waren Sylvius und Willis. Erst Boyle (1626—1691), der soeben seine Thätigkeit begonnen hatte, war ein entschiedener Gegner dieser iatrochemischen Theorie. Seine Wirksamkeit ist etwa gleichzeitig mit der Thätigkeit Grews, und wir sehen den Botaniker daher noch vielfach befangen in der veralteten Ansicht. Während er z. B. mit Boyle die Vorstellung des Aristoteles, wonach Wasser, Feuer, Luft und Erde Elemente sind, verwirft, so glaubt er dagegen noch an die Elemente des Paracelsus: Salz, Schwefel und Quecksilber. Nicht seine Schuld ist es ferner, wenn wir in den Begriffen „Gährung“ und „Atome“ manche Unklarheit bei ihm antreffen. Kopp zeigt, dass man damals unter „Gährung“ alles verstand, was sich beim Vermischen zweier Flüssigkeiten ereignen kann. Auch Grew und Malpighi folgen naturgemäss diesem Sprachgebrauch.

Was die Elemente anbetrifft, so waren die bekannten Grundstoffe der antiken Welt durch Aristoteles und seine Erklärer mehr und mehr zu Begriffen geworden, und die von Paracelsus an ihre Stelle gesetzten, oben erwähnten, die jedenfalls noch willkürlicher gewählt waren, wurden auch zu Symbolen. Erklärt doch Paracelsus selbst, dass jeder Schwefel von jedem anderen Schwefel sehr verschieden sei. Von den folgenden Iatrochemikern waren nach und nach Säure und Alkali als Elemente aufgefasst worden und erst Boyle machte auch diesem Streit ein vorläufiges Ende, in-

dem er den einzigen richtigen Weg zeigte. A priori, sagte er, liessen sich die Elemente doch nicht bestimmen. Was chemisch unzerlegbar sei, solle man vorläufig als Element betrachten.

Auch über die Atome herrschte grosse Unklarheit, über jene hypothetisch angenommenen kleinsten Theilchen des Stoffes. Allerdings kommt die Ansicht der alten Atomistiker wieder zur Geltung, aus der nach und nach unsere heutige sich herausgebildet. Aber ein damals weit verbreitetes System widersprach jener Atomtheorie auf das energischste, das des Descartes. Nach ihm besteht der Stoff allerdings auch aus Atomen. Aber das Wort hat bei ihm nicht seinen wörtlichen Sinn, denn seine Atome sind theilbar¹⁾, aber nicht getheilt. Anfangs sind sie alle gleich gross und von eckiger Gestalt. Dieses sowie das folgende lässt sich jedoch nur verstehen im Anschluss an die Cartesianische Theorie von der Entstehung der Welt aus diesen Atomen. Nach Descartes giebt es nämlich keinen leeren Raum (l. c. p. 55). Es muss also von Anbeginn der Welt an der ganze Weltenraum lückenlos ausgefüllt gewesen sein von den Atomen, die sich überall eng berührten. Dies ist aber nur möglich bei eckigen Atomen, da Kugeln immer Zwischenräume zwischen sich lassen würden. Alle Atome sind ferner Theile eines und desselben Stoffes; denn qualitativ von einander verschiedene Stoffe giebt es nach Descartes nicht. Anziehende und abstossende Kräfte der Atome sind ihm ebenfalls unbekannt. Alle Bewegung in der Welt erklärt sich nach ihm durch Druck und Stoss. Dagegen kennt er der Hauptsache nach das Gesetz von der Erhaltung der Kraft²⁾.

Die an sich gleichen Atome werden nun ungleich durch die Art, wie nach Descartes die erste Bewegung in der Welt auftritt. Die einzelnen Stofftheilchen, die im Anfang die Welt lückenlos, sozusagen wie Ziegelsteine, ausmauern, werden in wirbelnde Bewegung versetzt, reiben sich gewalt-

1) Principia philosophiae v. Kirchmanns Uebersetzung in d. philos. Bibl. Desc. philos. Werke, dritte Abteilung, Berlin 1870, Heimann.

2) l. c. p. 67.

sam aneinander und schleifen sich dadurch gegenseitig ihre Ecken ab. Aus diesen abgestossenen und zerriebenen Ecken bilden sich Atome kleinerer Grösse, die als Stoff ersten Elementes den ursprünglichen, die nun zu grossen Kugeln abgeschliffen sind und jetzt Stoff zweiten Elementes heissen, gegenübergestellt werden. Eine dritte Art von Atomen bildet sich nun folgendermassen. Die jetzt zu Kugeln gewordenen Atome des Stoffes zweiten Elementes berühren sich nun nicht mehr lückenlos, sondern lassen dreiseitige Zwischenräume frei, durch welche nun, da ja kein leerer Raum existiren kann, immerwährend Atome des Stoffes ersten Elementes hindurchgepresst werden. Sind dieselben nicht klein genug, um ungehindert hindurchzuschlüpfen, so werden ihnen dadurch drei Rinnen oder Reifen gewissermassen aufgeprägt, und so entstehen die gereiften Stofftheilchen oder die Atome des Stoffes dritten Elementes (l. c. III p. 131). Diese Atome sind jedoch mannigfach verschieden. Es giebt längliche, gerade und baumartig verzweigte u. s. w. Aus diesen Atomen dritten Elementes besteht die oberste Erdrinde, die sich auf dem zuerst entstandenen Grundkörper der Erde aufgesetzt hat und aus dicht mit einander verfilzten derartigen Theilchen besteht, die sich auch als Luft und Aether durch den Weltenraum verbreiten und die Sonnenflecken hervorbringen. Und zwar die Luft ist ein sehr verdünnter flüssiger Körper, der aus kleinen Stückchen jeder Gestalt zusammengesetzt ist ¹⁾.

Alle diese Theilchen sind sehr elastisch und bewegen sich fortwährend um sich selbst. Das Wasser dagegen besteht aus lauter gleichen länglichen, geraden Theilchen, die theils starr sind (Salztheilchen), theils biegsam (Süsswassertheilchen). Wasser befindet sich auch unter der aus verzweigten Theilchen bestehenden Erdrinde und entsendet seine Dämpfe nach oben. Dieselben reissen oft Salztheilchen mit sich, die dann aber im Wasserdampf in viel schnellere Bewegung gerathen als im Wasser selbst und nun „Spirituosen“ genannt werden; oder sie nehmen etwas von den verzweig-

1) l. c. IV p. 197.

ten Theilchen der Erdrinde in sich auf und werden dadurch „ölig“¹⁾.

Soweit war es nöthig, die cartesianische Corpuscular-Theorie zu besprechen, da das Angeführte unbedingt nöthig ist zum Verständniss der Grew'schen atomistischen Ernährungs-Physiologie. Kurz erwähnt sei noch, dass der flüssige Aggregatzustand der Körper nach Descartes von bewegten Atomen herrührt, dass die Luftempfindung nach ihm durch die sich mittheilende Bewegung der „Himmelskörperchen“ hervorgerufen wird, und dass auch die Schwere nach ihm auf Bewegung der Aethertheilchen beruht, die alles nach dem Mittelpunkt der Erde zutreiben.

Die Ansicht, dass das Flüssige der Ausdruck bewegter Atome sei, theilt auch Boyle, der diese Hypothese sogar experimentell zu begründen gesucht hat. Im übrigen aber ist er ein Gegner des Descartes. Er legt seinen Atomen anziehende und abstossende Kräfte bei und kennt schon ahnungsweise den Begriff der chemischen Verwandtschaft.

Im Gegensatz zu Descartes steht auch Pierre Gassendi²⁾, ein Forscher, welcher dem Descartes den Ruhm, der Begründer der modernen Naturwissenschaft zu sein, streitig macht³⁾. Er gelangte zu seiner Atom-Theorie durch das Studium des Epicur, dessen Leben er geschrieben hat. Wenn er so allerdings auf der alten Philosophie fusste, so würde man ihm doch sehr unrecht thun, wenn man glauben wollte, dass er damit in Gegensatz zu der fortschreitenden Wissenschaft getreten sei. Denn während die Philosophie des Mittelalters wesentlich auf Aristoteles fusste, oder wenigstens auf aristotelischen Ideen, welche dem Christenthum angepasst worden waren, so standen gerade Epicur und Demokrit dem modernen Geiste näher und unter ausdrücklichem Anschluss an diese beiden alten Philosophen hat sich die moderne Atomistik entwickelt, wenngleich sie späterhin eine

1) l. c. IV p. 209 u. 210.

2) geb. 1592 in der Nähe von Digne, gest. 1655 zu Paris.

3) Vgl. besonders Fr. A. Lange: Geschichte des Materialismus u. Kritik seiner Bedeutung in d. Gegenwart. 3. Aufl. Iserlohn, 1876, Bd. I, p. 223—234.

weitgehende Aus- und Umbildung erfuhr¹⁾. Mit Epicur stellte sich Gassendi den Stoff als aus discreten Massentheilchen bestehend vor. Was ihn daher wesentlich von Descartes unterschied, war die Annahme des Raumes und der Zeit als seiend: „Wo alle körperlichen Dinge aufhören, dehnt sich doch schrankenlos der Raum noch aus, und die Zeit floss vor Erschaffung der Welt so gleichmässig dahin wie jetzt“²⁾. Wenn sonach Gassendi in Uebereinstimmung mit der heutigen Physik an die Möglichkeit eines leeren Raumes glaubte, so ist damit nicht gesagt, dass er eine Wirkung en distance für möglich gehalten hätte, „wenn nicht etwas von der Erde zu dem Stein hinkäme und ergriffe, würde sich dieser gar nicht um die Erde bekümmern; gerade so wie auch der Magnet das Eisen wirklich, wenn auch unsichtbar, fassen muss, um es zu sich hinzuziehen. Dass man sich dies nicht ganz roh durch ausgeworfene Harpunen oder Häkchen zu denken habe, zeigt ein merkwürdiges Bild, dessen sich Gassendi zur Erklärung dieser Anziehung bedient: Ein Knabe, der von einem Apfel angezogen wird, dessen Bild durch die Sinne zu ihm kam“³⁾.

Mit Recht hebt Lange⁴⁾ es als auffallend hervor, dass ein frommer Mann wie Gassendi, welcher Propst von Digne war, als Stammvater des modernen Materialismus anzusehen sei. „Die Naturforscher dieser Zeit hatten durch längere Uebung eine wahre Virtuosität darin erlangt, sich mit der Theologie formell auf gutem Fuss zu erhalten“⁵⁾. Manchmal allerdings wirkten religiöse Skrupel störend auf die Naturforschung ein, wie denn Boyle selbst erzählt, dass religiöse Zweifel ihn dem Selbstmord nahe gebracht hätten. Grew findet sich mit der Theologie durch den später bei den Deisten so beliebten Vergleich der Welt mit einem Uhrwerk ab, was eine direkte Beeinflussung durch den Schöpfer unnöthig macht.

Dies ist also in kurzen Zügen der Hintergrund, auf dem

1) Vergl. besonders G. Th. Fechner, Atomenlehre.

2) Lange l. c. p. 231.

3) Lange l. c. p. 232.

4) Lange l. c. p. 224.

5) l. c.

sich die botanische Forschung zu bewegen hatte. Und wie stand es nun mit der Botanik selbst?

Die Morphologie¹⁾ und Systematik hatten unter den grossen Vertretern Bauhin, Caesalpine und Jungius einen bedeutenden Aufschwung genommen, und gegen aristotelische Ueberlieferungen schon mehrfach protestirt. Von morphologischen Funden sei hier nur die richtige Erkenntniss der Compositenblüthe erwähnt — eine Entdeckung, die sich Malpighi und Grew beide fälschlicherweise zuschreiben. Ueber die geschlechtlichen Verhältnisse der Pflanzen war noch nichts festgestellt. Auch zu einem befriedigenden System war man noch nicht gekommen. Allerdings lagen ja die Fundamente zu Ray's und Linné's Systemen, wie Sachs nachgewiesen hat, schon in Caesalpines Arbeiten vor, während die spätere Linné'sche Nomenklatur auf Jungius fusste.

Ganz brach aber hatte während dieser Zeit der physiologische Zweig der botanischen Wissenschaft gelegen. Was über das Leben der Pflanzen geglaubt wurde, stammte grösstentheils aus den Lehren der Iatrochemiker. Vieles aber auch leitete sich aus dem System des Aristoteles her. Bis gegen das Zeitalter der Reformation hin hatte man sich in der Botanik ja ebenso wie in den meisten anderen Wissenschaften darauf beschränkt, die Werke der alten Philosophen immer und immer wieder zu lesen und zu erklären. Aus dem Zusammenwirken der vier Elemente entstand die Pflanze. Die „Lebenswärme“ trieb den „Saft“ in ihr und scharfsinnig unterschied man zwischen der „Seele“ der Thiere, welche ausser der Ernährungs- und Fortpflanzungsfähigkeit auch das Empfindungs- und Begehrungsvermögen besass und der „Pflanzenseele“, welcher die letzteren beiden Fähigkeiten abgingen. Die Wurzel wurde als der „Mund“ der Pflanze angesehen und galt gleichzeitig als der Sitz ihrer „Seele“. Man sprach davon, dass die Pflanzen umgekehrte Menschen seien. Da man durch das Mikroskop und die chemische Analyse noch

1) Vergl. besonders Jul. Sachs, Geschichte der Botanik, München 1875, I. Buch, p. 14—40. Jessen, Die Botanik der Gegenwart und Vorzeit in culturh. Entwickl. Leipzig 1864.

nicht in ihr Inneres eindringen konnte, so beschränkte man sich auf Betrachtung ihrer äusseren Form und stellte Hypothesen auf über Beeinflussung der Organe durch diejenigen Elemente, aus denen sie entstanden waren und von denen sie noch umgeben wurden. Daher die pedantischen Auseinandersetzungen über dünne und dicke, kurze und lange, krumme und gerade Wurzeln und Stämme, welche noch in Grews Werk sich finden.

Paracelsus¹⁾ (1493—1541) hatte allerdings auch aus der Betrachtung der Pflanzen den blinden Glauben an die Autorität des Aristoteles verbannt wissen wollen, aber er konnte wenig an die Stelle des Verurtheilten setzen. Nach seiner Ansicht ist die ganze Natur beseelt und von ihm rührt jene berüchtigte Theorie her, dass man aus klein gestossenem und chemisch bearbeitetem Holz wieder grünende Zweige erzeugen könne (Palingenesis). Die Verschiedenheit der Pflanzenformen beruht nach ihm auf der verschiedenen Mischung von Schwefel, Salz und Quecksilber. Ihr Same soll unsichtbar überall in der Erde vertheilt sein.

Dass alle Bemühungen, über das Leben der Pflanzen etwas Gewisses zu erfahren, fruchtlos blieben, ehe man von ihrer inneren Organisation etwas Bestimmtes wusste, ist natürlich. Darum ist es auch erklärlich, dass Grew und Malpighi, nachdem sie den anatomischen Bau der Pflanze erkannt zu haben glaubten, sogleich daran gingen, an demselben die physiologischen Vorstellungen ihrer Zeit zu prüfen, dass namentlich Grew von vornherein dafür sorgte, dass über dem Mittel nicht der Zweck vergessen wurde.

Und das Mittel hatte währenddessen einige Ausbildung erhalten.

Eine alte Sage erzählt, dass Kinder in Italien, indem sie zwei Vergrösserungsgläser hintereinander hielten, das Fernrohr erfunden hätten. Die Geschichte weiss, dass Jansen, Vater und Sohn, das Teleskop und das Mikroskop um das Jahr 1600 zuerst construirten. Da aber die Erforschung der weiten Himmelsräume zuerst die allgemeine Aufmerksam-

1) Vergl. besond. Ernst v. Meyer, Geschichte der Botanik, Königsberg 1857, Bd. IV, Buch 14, p. 423—432.

keit in Anspruch nahm, so wurde mit den Fortschritten der Astronomie unter Gallilei und Keppler zunächst das Teleskop ausgebildet, während die Mikroskopie zunächst nur als eine Art wissenschaftlicher Spielerei betrachtet wurde. Eine wesentliche Ausbildung erhielt sie jedoch durch Robert Hooke. Derselbe wurde geboren 1635 zu Freshwater auf der Insel Wight und starb im Jahre 1703 in London. Er war Nehemia Grew's Nachfolger als Sekretair der Royal Society. Eine der wichtigsten Entdeckungen der Naturwissenschaften knüpft sich an seinen Namen: Die Entdeckung der Zellen.

Robert Hooke ist gleichzeitig von Bedeutung als Mechaniker und Forscher. In seinem wissenschaftlichen Hauptwerk, der *Mikrographia*¹⁾, giebt er in der Vorrede uns gleichzeitig Beschreibungen und Abbildungen verschiedener Instrumente, deren er sich bei seinen wissenschaftlichen Studien bedient hat und schildert die Art ihrer Anfertigung. Er giebt seine Ansichten über Teleskop-Constructions, schildert uns ein Barometer und einen Apparat zur Messung der Strahlenbrechung und — was für den vorliegenden Fall das Wichtigste — sein Mikroskop. Er wendete nämlich bei seinen Mikroskop-Constructions Plangläser sowie planconvexe und planconcave Linsen²⁾ an. Durch die verschiedenartige Combination derselben ergaben sich verschiedene Systeme, von denen er folgendes als das praktischste beschreibt. Es³⁾ bestand aus einer Röhre, welche für gewöhnlich nicht länger als 6—7" war. Diese konnte jedoch nach Maassgabe der Umstände verlängert werden, da sie aus vier⁴⁾ in einander geschobenen Stücken bestand. Sie enthielt drei Linsen, von denen die eine als Objectglas diente und planconvex geschliffen war. Sie kehrte ihre convexe Seite dem Object zu. Am andern Ende der Röhre befand sich das Okular (Eye-glass), ebenfalls eine planconvexe Linse,

1) *Mikrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses* London, 1667.

2) l. c. Preface p. 23, Zeile 34 v. o. ff.

3) l. c. p. 22, Zeile 15—30 v. o.

4) l. c. Zeile 17, „it had four drawers“.

die aber ihre Convexität dem Auge zuwendete. Eine dritte ähnlich gestaltete Linse endlich befand sich in der Mitte der Röhre. Sie wurde jedoch nur selten gebraucht¹⁾. Für gewöhnlich wurde sie herausgezogen.

Angefertigt wurde das Mikroskop, indem in einer Messingröhre, welche eine engere und eine weitere Mündung besass, drei Linsen in der oben beschriebenen Lage mit Wachs befestigt wurden. Der Zwischenraum zwischen denselben wurde mitunter mit Wasser ausgefüllt.

Um jedoch das Instrument zum Arbeiten bequem zu machen, mussten noch zwei weitere Vorrichtungen getroffen werden: das Stativ und der Objectträger.

Das Stativ²⁾ bestand aus einem Piedestal, auf dem sich eine kleine Säule erhob. Dieselbe trug einen Arm, welcher an ihr auf- und abgeschoben und durch eine Stellschraube in jeder beliebigen Höhe fixirt werden konnte. Dieser Arm führte eine kleine Kugel, welche zur Hälfte in eine muldenförmige Vertiefung des Armes eingelassen war und an der freien Seite einen Ring trug. In diesem Ring hing der Tubus des Mikroskops. Durch diese complicirte Vorrichtung des Aufhängens glaubte Hooke seinem Instrumente die nöthige Beweglichkeit verliehen zu haben.

Der Objectträger³⁾ sollte dazu dienen, dem zu beobachtenden Object jede beliebige Lage geben zu können. Zu diesem Zweck war an dem Fuss des Mikroskops eine Klammer angeschraubt, welche dem Piedestal horizontal auflag und am andern Ende eine um eine Axe drehbare runde Metallscheibe umfasste. Diese wiederum trug excentrisch eine

1) l. c. this I made use of only when I had occasion to see much of an object at once; the middle glass conveying a verry great company of radiating Pencils, which would go another way, and throwing them upon the deep Eye-glass. But when ever I had occasion to examine the smaller parti of a Body more accurately, I took out the middle glass, and only made use of one Eye-glass with the object glass, for always the fewer the refractions are the more bright: and clear the object appears.

2) l. c. p. 23, Zeile 9—18 v. o.

3) l. c. p. 13, Zeile 19—34.

$\frac{3}{4}$ " hohe Säule, deren Spitze von einem horizontalen drehbaren Stift durchbohrt war, dessen Spitze gerade über der Mitte der genannten runden Metallscheibe hing. Wenn man nun an diesen Stift ein Object steckte, so konnte man durch Drehung des Stiftes dasselbe in einer Vertikalebene circuliren lassen. Die kleine Säule aber, welche den Stift trug, liess sich in einer andern Ebene bewegen durch Drehung der runden Metallscheibe, welcher sie excentrisch aufsass. Diese Metallscheibe selbst liess sich auf dem Piedestal in horizontaler Richtung verschieben, wenn man die Klammer, welche sie trug und welche mit einem Ende dem Fuss des Mikroskops beweglich angeschraubt war, hin und her bewegte. So konnte durch Combinirung dieser verschiedenen Bewegungen das an den Stift gesteckte Object in der That in jeder beliebigen Lage der Beobachtung unterzogen werden.

Schliesslich sind noch die Vorrichtungen zu erwähnen, welche dem Zweck der Beleuchtung¹⁾ dienten. Arbeitete man bei Tageslicht, so war nur eine Regulirung der Beleuchtung nothwendig.

Das Mikroskop wurde dann in einem Zimmer, dessen Fenster sich nach Süden öffnete, auf einem Tische aufgestellt, der sich ungefähr in einer Entfernung von 4' von diesem Fenster befand. Vor das Mikroskop wurde alsdann eine mit Wasser gefüllte Glocke oder eine Linse aufgestellt zum Zwecke der Strahlensammlung. Bei hellem Sonnenschein wurde ausserdem nahe vor dem Object noch ein Stück geöltes Papier oder ein Stück Spiegelglas eingeschaltet, welches auf einer Seite durch Reiben mit Sand eine rauhe Oberfläche erhalten hatte. Auf diese Weise wurde allen störenden Blendungerscheinungen vorgebeugt. Denn, sagt Hooke²⁾, by this means the light is so equally diffused, that all parts are alike inlighted; but when the immediate light of the sun falls on it the reflexions from some few parts are so vivid, that they drown the appearance of all the other and are themselves also, by reason of the inequality of light indistinct and appear only radiant spots.

1) l. c. p. 16 u. 17.

2) l. c. p. 17, Zeile 10—14 v. o.

Aber Hooke bediente sich auch oft künstlichen Lichtes, und zwar nicht nur weil das Tageslicht unregelmässig ist, sondern auch weil einzelne Objecte bei Nacht untersucht werden mussten. Zu diesem Zweck construirte er einen künstlichen Beleuchtungsapparat. Derselbe bestand aus einem Gestelle¹⁾, welches sich aus einer Säule und zwei daran verschiebbaren Armen zusammensetzte. Von den letzteren trug der eine eine Lampe, der andere eine mit Wasser gefüllte Glasglocke und eine Linse.

Wenn Hooke mit diesen Apparaten eine Beobachtung ausgeführt hatte, so suchte er oft auch das Maass der Vergrösserung²⁾ festzustellen, und zwar mittelst folgender Methode: Er betrachtete ein Object nur mit einem Auge durch das Mikroskop und ein anderes in gleicher Entfernung mit blossen Auge. Ein gleichzeitig auf den Objectträger gelegter Maassstab liess dann den Durchmesser des vergrösserten Objects erkennen und ein Vergleich mit dem Durchmesser des unvergrösserten liess dann das Maass der Vergrösserung berechnen.

Hooke hat sein Mikroskop in ausgedehnter Weise benutzt, indem er eine grosse Anzahl von Gegenständen zerschnitt und auf seinem complicirten Objectträger befestigte. Was er an ihnen beobachten konnte, das hat er in 60 „observations“ niedergelegt, welche in der *Mikrographia* vereinigt sind. Es fehlt diesen Untersuchungen wesentlich Planmässigkeit und Ordnung. In losem Zusammenhang und bunter Reihenfolge beschreibt er die verschiedenartigsten Dinge, welche er nur ganz oberflächlich nach den Gesichtspunkten gruppirt, ob sie zum Pflanzen-, Mineral- oder Thierreich gehören, und auch diese Eintheilung bringt er äusserlich durch nichts zur Geltung. Nirgends sucht er nach dem inneren Zusammenhang des Beobachteten, nirgends finden wir einen Versuch, den Organismus der Pflanzen oder der Thiere einheitlich zu erfassen. Mit der Untersuchung einer Nadelspitze oder eines Rasiermessers beginnend verbreitet er

1) l. c. p. 17, Zeile 22—37 v. o. — vergl. d. Abb. Schem. I fig. 5.

2) l. c. p. 22, Zeile 5—15 v. o.

sich später über Leinwand, Taffet, Glasröhren, Metallfarben, Urin, Diamanten in Feuerstein, Holzkohle, versteinertes Holz, Schwämme, Samen, Haare, Flöhe, Läuse u. s. w. u. s. w., zuletzt gar über Sonne, Mond und Sterne. Aus den 60 Kapiteln seien hier nur die botanisch interessanten hervorgehoben. Sie lauten: „of charcoal“¹⁾, „of wood and other bodies petrefied“²⁾, „of the pores of cork and other bodies“³⁾, „of a vegetable growing on lighted leaves“⁴⁾, „of blew Mould and Moistromes“⁵⁾, „of Moss“⁶⁾, „of spungs and other bodies“⁷⁾, „of the form of seaveed“⁸⁾, „of the surface of some leaves“⁹⁾, „of the stringing points of a Nettle“¹⁰⁾, of cowage“¹¹⁾, of the Beard of a wild Oat“¹²⁾, „of the Seeds of venice looking glass“¹³⁾, „of Poppy Seed“¹⁴⁾, „of Purfl Seeds“¹⁵⁾.

Auch in diesen zwölf Kapiteln beschäftigt sich Grew meist nur mit der Beschreibung der Aussenseite (namentlich bei den angeführten Beobachtungen über Samen). Dennoch findet sich in den ersten der angeführten observations eine Entdeckung von höchster Wichtigkeit, die man wohl als den Anfang der pflanzlichen Histologie betrachten darf. Es ist dies die Entdeckung der Zelle.

Der Name „Zelle“ ist wohl unzweifelhaft von den Bienenzellen hergenommen. Er wird von Hooke abwechselnd mit der Bezeichnung „Poren“ gebraucht, wie schon aus einer der angeführten Schriften erhellt. Er spricht sich über derartige Poren zum ersten Male in der Beobachtung „of charcoal or burnt vegetable“¹⁶⁾ aus und zwar mit folgenden Worten: Charcoal or a vegetable burnt black, affords an object no

1) observ. XVI p. 100—106.

2) observ. XVII p. 107—112.

3) observ. XVIII p. 112—121.

4) observ. XIX p. 121—125.

5) observ. XX p. 125—131.

6) observ. XXI p. 131—135.

7) observ. XXII p. 135—140.

8) observ. XXIII p. 140—141.

9) observ. XXIV p. 141—142.

10) observ. XXV p. 142—145.

11) observ. XXVI p. 145—147.

12) observ. XXVII p. 147—152.

13) observ. XXVIII p. 152—153.

14) observ. XXIX p. 154—155.

15) observ. XXX p. 156.

Die Kapitel-Ueberschr. werden hier in d. abgekürzt. Form gegeben, welche die „Table“ zeigt.

16) observ. XVI p. 100.

less pleasant than instructive; for if you take a small round charcoal, and break it short with your fingers, you may perceive it to break with a verry smooth and sleek surface, almost like the surface of the blak sealing wax. This surface, if it be look'd on with an ordinary Microscope, does manifest abundance of those pores which are also visible to the eye in many kinds of wood, rang'd round the pith, both an kind of circular order, and a radiant one. Of these there are a multitude in the substance of the coal, every where almost perforating and drilling it from end to end, by means of which, be the coal never so long, you may easily blow through it; and this you may presently find, by wetting one end of it with spittle, and blowing at the other“. Aber Hooke hat noch mehr gesehen. Mit besseren Mikroskopen, sagt er, habe er eine ausserordentliche Menge sehr kleiner Poren erblickt, die so ordnungsmässig an einander gereiht waren und so dicht bei einander standen, dass an einigen Stellen (wenn auch nicht überall) der solide Körper, der die einzelnen Poren trennte, dünner war als diese Poren selbst. Diesen Anblick vergleicht Hooke mit dem Aussehen einer Bienenwabe. Er erzählt weiter, dass die eine Art von Poren radienartig angeordnet gewesen sei; und dadurch dass er das Licht hindurchfallen liess, habe er sich überzeugt, dass sie offen gewesen seien und sich continuirlich durch das ganze Stück erstreckt hätten. Er zählte hier auf der Strecke von $\frac{1}{18}$ “ Länge 150 Stück und berechnete daraus, dass auf einem Zoll sich 2700 zählen lassen müssten, dass eine Kreisfläche von 1' Durchmesser 5 752 356 Stück solcher Zellen enthalten müsse.

Weitere Bemerkungen über die Zellen finden sich in der Abhandlung über den Kork¹⁾.

Bei einem Stück Kork, sagte er, sei es ihm vorgekommen, als wenn es auch porös wäre; er habe darüber nicht zur Klarheit kommen können, bis er dasselbe auf einen schwarzen Objectträger gelegt habe. Jetzt habe er deutlich erkennen können, dass auch der Kork durchbohrt und porös sei und zwar, wie er ausdrücklich mehrmals hervorhebt, nicht

1) observ. XVIII p. 112, Zeile 44—53 v. o. und p. 113, Zeile 1—8.

unähnlich einer Honigscheibe, nur seien die Poren des Korks nicht ganz so regelmässig gewesen wie die der Bienenzellen, ebenso seien ihm die Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen bei jenen dicker erschienen als bei diesen. Auch nimmt Hooke beim Kork nicht an, dass die Poren denselben der ganzen Länge nach continuirlich durchziehen; vielmehr hebt er ausdrücklich hervor¹⁾, dass er auf Längsschnitten Scheidewände habe wahrnehmen können. Die Zellen hätten dann den Eindruck gemacht, als ob sie aus einer ganzen Menge kleiner Büchsen zusammengesetzt seien. Auch betreffs des Korks finden sich ebenso wie betreffs der Kohle (s. oben) Angaben über die Quantität²⁾ der Zelle. Auf einem Quadratzoll hat Hooke 1 166 400, in einem Kubikzoll 1 125 971 200 Zellen gezählt.

1. 259. 712. 000
 Wenngleich Hooke sich durch diese Beobachtungen das Verdienst erworben hat, die Pflanzenzellen zuerst wahrgenommen zu haben, so hat er doch keineswegs eine Ahnung von der Tragweite seiner Entdeckung gehabt; er benutzt seine Beobachtungen vielmehr nur dazu, für die Eigenschaften der Kohle und des Korks Erklärung zu finden. Keineswegs aber bemüht er sich, die Allgegenwart der Zellen in sämtlichen Pflanzenorganen nachzuweisen oder die Rolle, die sie im Lebensprozess der Pflanze spielen, festzustellen. Dass er allerdings vermuthete, dass die von ihm beobachteten Poren Wege für die Nährstoffe der Pflanze seien, geht wohl aus der folgenden Stelle hervor³⁾: so prodigiously envious are the works of Nature, that ever there conspicuous pores of bodies, which seem to be the channels or pipes through which the Succus nutritivus, or natural juice of vegetables, are convey'd, and seem to correspond to the reins arteries and other vessels in sensible creatures that these pores, i say, which seem to be the vessels of nutritions to the vastest body in the world, are yet so exceeding small, that the atoms, which Epicurus fancy'd would go neer to prove too bigg to enter them much more to constitute a fluid body in them.

Mit dem Ernährungsprozess in Zusammenhang bringt

1) l. c. Zeile 16—18.

2) p. 114 Zeile 22 v. o. bis u.

3) l. c. Zeile 31—39.

Hooke auch die Lage der Zellen. Da man z. B. — schliesst er — bei einem Stück Kork auf Schnitten, die der Fläche parallel gehen, alle Zellen der Quere nach durchschneidet, so folgt aus dieser eigenthümlichen Lage der Zellen, dass der Kork seine Nahrung aus der Borke entnimmt und deswegen erklärt Hooke den Kork für einen Pilz, denn auch Pilze entnehmen, so sagt er, ihre Nahrung aus der Rinde des Stammes, dem sie aufsitzen. Schwierig scheint jedoch nach Hooke das Problem zu lösen, wie der Nährstoff aus einer Zelle in die andere wandert, da er die Zwischenwände der Zellen immer undurchbohrt¹⁾ gefunden hat. Da er trotzdem die Zellen oft mit Saft erfüllt fand, so kam er zu dem Schluss, dass ihm nur die Unvollkommenheit seines Instruments nicht gestatte, die „Ventile“ aufzufinden, welche die einzelnen Zellen mit einander in Verbindung setzten. Dieselben zu entdecken, sei einer späteren Zukunft vorbehalten.

Das ist ungefähr alles, was Hooke von den Zellen gewusst hat. Er fügt noch hinzu²⁾, dass er ähnliche „Poren“ bei Holunder, Fenchel, Mohrrüben Kletten u. s. w. und u. a. auch bei einigen Rohrarten gefunden habe, und auch in seiner Abhandlung über versteinertes Holz³⁾ erwähnt er dieselben wieder. Im Samen hat er merkwürdiger Weise keine Zellen gesehen. Mit diesen einzelnen Beobachtungen und flüchtig daran geknüpften Vermuthungen begnügte sich Robert Hooke und wendete sich anderen Stoffen zu. Er hatte somit seinem grossen Nachfolger auf dem Gebiete mikroskopisch-botanischer Forschung ein brauchbares Mikroskop in die Hand gegeben und ihm die Wege gezeigt. Aber diesem seinem Nachfolger erst war es vorbehalten, die Entdeckung der Zelle zu verwerthen und auf der Grundlage der Mikroskopie eine wissenschaftliche Botanik zu schaffen. Er hiess Nehemia Grew. Sein Hauptverdienst bestand darin, dass er sich nicht wie Hooke durch die Fülle des Stoffes verleiten liess, seine Kräfte an hundert verschiedenen Objecten zu zersplittern, sondern dass er sich von vornherein ein grosses Problem stellte, an dessen Erforschung er sein

1) p. 116 Zeile 7 v. o.

2) p. 115 Zeile 36—43.

3) observ. 17 p. 107.

Leben gesetzt hat. Beherrscht von den beiden grossen Theorien Harvey's, welche damals die Welt bewegten, der einen vom Kreislauf des Bluts und der anderen, welche der bekannte Satz ausdrückt: „omne vivum ex ovo“ ging er daran, die Gültigkeit dieser beiden Lehren auch für das Leben der Pflanzen zu prüfen.

1. Nehemia Grew.

Nehemia Grew¹⁾ ist geboren zu Coventry im Jahre 1628. Seine Jugend fällt in die Zeit der Religionskämpfe in England. Er war der Sohn eines Nonconformisten. Nachdem er auf einer ausländischen Universität Medicin studirt, kehrte er nach England zurück und übte in London eine erfolgreiche Praxis aus. Aber die Augen der Welt zog er erst im Jahre 1671 auf sich, als Mann von 43 Jahren. Er liess nämlich ein Werk über Pflanzenanatomie, an dem er sechs Jahre lang gearbeitet, durch seinen Schwager Sampson, der Royal Society vorlegen. Diese berühmte Akademie war damals wohl das grösste Bildungscentrum. Schon Baco's von Verulam Lieblingsidee war die Gründung einer solchen Akademie gewesen. Aber sein Wunsch ging keineswegs in Erfüllung. Die politischen Wirren in England gestatteten nicht so bald, ein Project auszuführen, welches bestimmt war, der Wissenschaft einen Hafen der Ruhe zu gewähren. Um das Jahr 1645 bildeten sich zu Oxford und London regelmässige Zusammenkünfte von Gelehrten, die sich 1659 vereinigten und unter Carl II. als Royal Society anerkannt wurden im Jahre 1662. Ihre Denkschrift sind die Philosophical Transactions, die von dem jeweiligen Sekretair herausgegeben wurden. Die Akademie erwarb sich bald einen grossen Ruf, und eine selten Collection grosser Männer ge-

1) Thomas Thomson, History of the Royal society, London 1812, B. I, p. 43—45.

hörte ihr an, von denen Boyle, Willis und Rob. Hooke schon genannt sind.

Dieser Akademie also wurde Grew's Erstlingswerk vorgelegt¹⁾ und von ihr dem Bischof Chester übersandt. Mit grosser Anerkennung zurückgeliefert, wurde es darauf im Jahre 1671 gedruckt. Es trug Grew bald die Ernennung zum Curator für Pflanzenanatomie an der Royal Society ein. Als solcher verfolgte er sein Studium weiter und gab jene Abhandlungen heraus, die jetzt als zweites, drittes und viertes Buch seiner Gesamt-Anatomie figuriren. Bis zum Jahre 1676 wurden sie vollendet und im folgenden Jahre wartete seiner die Ehre zum Sekretair der Akademie als Oldenburg's Nachfolger ernannt zu werden. Als solcher gab er die Nummer 137 der Philosophical Transactions heraus, veranstaltete eine Gesammtausgabe der Anatomy of Plants, veröffentlichte im Jahre 1701 noch ein letztes Werk Cosmographia sacra und starb im Jahre 1711. Sein Nachfolger im Amt wurde Dr. Hooke.

2. Grew's erstes Werk.

Das erste Werk, welches Grew der Royal Society zu London vorlegte, die „Anatomy of Plants begun“²⁾, zeigt uns gleich die Eigenthümlichkeiten des Verfassers. Es ist keineswegs das, was wir heutzutage ein Lehrbuch der Pflanzenanatomie nennen würden. Der anatomische Befund wird von Grew nicht um seiner selbst willen gesucht, sondern nur als Mittel zum Zweck der Erforschung des Lebens. Ueber das Leben aber hat er sich schon vorher Ansichten gebildet, denen er nun das Beobachtete anzupassen sucht. Eine kurze Angabe des Inhalts mag dies zeigen.

Grew schildert in seinem ersten Werk die Entwicklung

1) Vgl. Grew, Anatomie of Plants, Preface.

2) Dies Werk ist jetzt als erstes Buch der Anatomy of Plants (London 1667) eingefügt. Die ersten 4 Tafeln der Anatomy gehören ihm zu.

einer Pflanze vom Keimen des Samens bis zur Fruchtreife und zur Bildung neuen Samens. In dem ersten Kapitel wird nicht nur der Plan der ganzen Arbeit, sondern auch schon ein kurzer Ueberblick über die gewonnenen Resultate gegeben.

Im Anfang macht uns der Verfasser damit bekannt¹⁾, dass er den von der Natur vorgezeichneten Weg eingeschlagen und zuerst den Samen, dann Wurzel, Stamm, Zweige, Blätter, Blüthen und Früchte beschreiben will. Der Same besteht nach Grew aus folgenden Bestandtheilen. Die äussere Umhüllung bilden 2 Häute, welche bei jungem und frischem Samen leichter, bei älteren und trockenen dagegen schwerer zu unterscheiden sind. Die äussere derselben ist im Allgemeinen dreimal so dick als die innere, in der Nähe des Würzelchens des eingeschlossenen Samens aber ist sie sechs bis siebenmal so dick. Beide Umhüllungen sind durchbohrt und zwar an dem dickeren Ende des Samens (als Beispiel wählt Grew die Bohne). Doch lässt sich mit blossem Auge, aber noch besser mittelst eines Vergrösserungsglases ein „foramen“ erkennen. Dass dasselbe nicht etwa eine zufällige Bildung ist, wird aus seinem allgemeinen Vorkommen bei zahlreichen untersuchten Samen und aus seiner Lage geschlossen, da es gerade gegenüber dem „Würzelchen“ des eingeschlossenen Samens liegt²⁾. Dass dasselbe auch wirklich wegsam ist, wird experimentell dargethan, da Bohnen, welche im Wasser gelegen haben, wenn man sie drückt, Wasser austreten lassen.

Der eigentliche „Same“³⁾ selbst wird erst sichtbar, wenn man die besprochenen Häute entfernt. Der Haupttheil⁴⁾ desselben ist für gewöhnlich kein einheitliches Ganze, sondern vielmehr getheilt, und zwar meist (so z. B. bei Bohnen) in 2 Lappen⁵⁾ oder in mehrere (so bei der Kresse); mitunter jedoch ist er auch ungetheilt⁶⁾ (so beim Getreide). Ausser

1) Anatomy of Plants Book I chap. 1 p. 1 § 1.

2) l. c. p. 2 § 5.

3) Nach heutiger Terminologie: Embryo.

4) l. c. § 8.

5) l. c. § 9. — Die beiden Cotyledonen.

6) l. c. p. 3 § 10.

diesem Haupttheil besitzt der Same noch 2 Anhänge, und zwar das „Würzelchen“ und die „Feder“. Das Würzelchen¹⁾ ragt mitunter (so bei Mandeln und Eicheln und vielen andern) am Ende grade hervor, bei der Bohne jedoch ist dies nicht der Fall, so dass also das „Ende“ der Bohne nicht gleichzeitig als die „Basis“ des Samens aufzufassen ist.

Die „Feder“ (plume) ist zwischen den beiden „Lappen“ des „Haupttheils“ (main body) des Embryos eingebettet, und zwar in 2 aneinanderstossenden Nischen. Sie erstreckt sich in entgegengesetzter Richtung als das „Würzelchen“ und hat ihren Namen daher, weil sie aus einer ganzen Anzahl von einzelnen Stücken besteht, welche „wie die Federn in einem Federbusch“ aneinander gelagert sind²⁾.

Nachdem der Verfasser uns so mit den „organischen Bestandtheilen“ des Samens bekannt gemacht hat, geht er daran, dieselben zu zergliedern und ihrerseits nun wieder auf ihre weiteren Bestandtheile zu untersuchen³⁾.

Das erste, worauf man beim Zerschneiden eines Embryo stösst, ist, so sagt Grew, die Cuticle, wenngleich dieselbe zunächst nur eine „dichtere“ und „glänzendere“ Oberfläche zu sein scheint, so zeigt sie sich doch als eine wahre Haut, sobald man ein durch einen flachen Schnitt losgelöstes Stückchen vorsichtig mit dem Messer aufhebt und gegen das Licht hebt⁴⁾.

Zunächst der Cuticle, so fährt Grew nun fort, stossen wir auf das Parenchyma⁵⁾ selbst, auf denjenigen Theil, durch welchen der „innere Körper“⁶⁾ (inner body) zerstreut ist. Deswegen, sagt Grew, nenne er es auch Parenchyma, „nicht als ob er so gering von ihm denke, dass es (gemäss dem strengeren Sinne des Wortes) nur ein geronnener Saft sei; denn es sei ein sehr merkwürdig organisirter Körper, be-

1) l. c. § 11.

2) l. c. § 14.

3) l. c. § 15.

4) l. c. § 16. — Selbstredend ist mit „Cuticle“ die Epidermis gemeint.

5) Das Wort Parenchyma, das hier zum ersten Mal für Pflanzenzellen angewendet wird, findet sich in anderer Bedeutung schon bei Hooke. Dieser redet z. B. von (Mikrographia p. 161, Zeile 12 v. o.) Parenchyma or flesh of the muscles.

6) Ein dritter unten zu schildernder Bestandtheil.

stehend aus einer unbegrenzten Zahl sehr kleiner Bläschen¹⁾. Die Oberfläche desselben sei wohl dicht, inwendig aber sei es von laxerer contexture. Wenn man es mit einem Mikroskop oder mit einem sehr guten Vergrößerungsglase betrachte, habe es einige Aehnlichkeit mit dem Mark der Wurzeln und der Stämme der Pflanzen, so lange es nämlich saftig sei“.

Auch dies Parenchym ist nach Grew allen drei Theilen des Samens, also dem „main body“ und den beiden „Anhängen“ gemeinsam (ebenso wie die Cuticle), aber in sehr verschiedenem Verhältniss. Im „Würzelchen“, wo das „Parenchyma“ im geringsten Maasse vorhanden ist, macht es ungefähr $\frac{2}{5}$, in der „Feder“ circa $\frac{5}{7}$ und in den „Lappen“ etwa $\frac{9}{10}$ der ganzen Masse des betreffenden Organs aus²⁾.

Ausser „Parenchym“ und „Cuticle“ gibt es nun noch einen dritten Bestandtheil der „organischen Theile“ des „Samens“, nämlich den schon oben erwähnten inneren Körper³⁾ (inner body). Derselbe erscheint nach Grew sehr deutlich, wenn man erst durch das Würzelchen Querschnitte macht und dann damit schrittweise fortfährt, bis man zur „Feder“ gelangt. Die Combination dieser sämtlichen Querschnittsbilder führt dann zu folgender Vorstellung: Der „innere Körper“ ist im Würzelchen ein ungetheilter Strang, verzweigt sich aber später und entsendet in jeden „Lappen“ je einen Seitenast, während der Hauptstrang sich bis in die „Feder“ hinein fortsetzt. Die beiden in die „Lappen“ einbiegenden Aeste aber verzweigen sich innerhalb der „Lappen“ wieder mannigfach zu feineren und immer feineren Verästelungen⁴⁾. Ebenso treten in die „Feder“ und zwar in alle kleinen Theilchen derselben aus der Fortsetzung des Hauptstrangs des „inneren Körpers“ zarte Zweige ein⁵⁾. Dieser „innere Körper“ kommt nach Grew ebenfalls in allen Samen vor. Zwar hat Grew ihn nicht überall gesehen, aber er schreibt dies dem Umstande zu, dass der „innere Körper“ oft sehr klein und dem „Parenchyma“ an Farbe ganz gleich

1) Anatomy of Plants tab. 1. 2) l. c. p. 5 § 20.

3) l. c. p. 5 § 22. — Mit dem „inneren Körper“ sind, wie das Folgende zeigen wird, die Gefässbündel gemeint.

4) l. c. p. 5 § 23. 5) l. c. § 26.

ist¹⁾. Auffallend scheint Grew die Aehnlichkeit zwischen diesem reichverzweigten „inner body“ und einer Wurzel. Nicht bloss in Folge dieser äusseren Aehnlichkeit jedoch, sondern ganz besonders in seiner gleich zu erwähnenden physiologischen Bedeutung erhält er von Grew den Namen „Samenwurzel“²⁾. Zu dem „inneren Körper“ steht nämlich das „Parenchyma“ in demselben Verhältniss wie die Erde zu der Wurzel einer ausgewachsenen Pflanze, da der „innere Körper“ (oder die „Samenwurzel“) aus dem saftreichen Parenchyma die Nährstoffe aufsaugt und sie den einzelnen Theilen der jungen Pflanze zuführt, gleichwie die Wurzel einer ausgewachsenen Pflanze die Nährstoffe aus der Erde schöpft. Dieser Gedanke leitet nun von selbst zur physiologischen Betrachtung des Samens über³⁾. In physiologischer Hinsicht betrachtet Grew zunächst die Art und Weise, wie die Flüssigkeit des Bodens in den Samen eindringt und dort zur „Gährung“ vorbereitet wird. Denn „Gährung“ ist, wie schon gesagt, der Grund alles Lebens nach Grew⁴⁾.

Der im Boden enthaltene Nährstoff tritt als „Saft“ zunächst in die Häute. Durch diese muss er hindurchwandern, um zum „eigentlichen Samen“ Grew's d. h. zum Embryo gelangen zu können. Dadurch wird erreicht, dass er sowohl in angemessener Quantität als auch nur langsam und allmählich in den eigentlichen Samen eindringen kann. Ausserdem aber wird auch seine Qualität verbessert. Denn die Häute, durch welche er hindurchsickert, wirken wie ein Filtrum und theilen ihm gleichzeitig „organische Bestandtheile“ mit⁵⁾. Zur Beförderung seiner Gährung aber dient ganz besonders das schon mehr erwähnte „Foramen“. Zum Belege dafür wird angeführt, dass der Gährung dienende Flaschen ebenso mit Oeffnungen versehen seien, um der Luft Eintritt, schädlichen Stoffen aber den Austritt zu gestatten⁶⁾.

Endlich gelangt der Saft zum Embryo und sickert

1) l. c. § 27. 2) l. c. § 29.

3) l. c. chap. 1. An account of the vegetation of seed § 30—49, p. 6—10.

4) l. c. p. 6 § 30. 5) l. c. p. 6 § 31.

6) l. c. p. 7 § 32.

durch die „Cuticle“ desselben in das Parenchym“¹⁾. Hier wird seine Gährung noch intensiver, da er hier, wegen der grösseren Ausgedehntheit des „Parenchyma's“, mehr Raum und mehr Material findet²⁾. Aus den „Bläschen“ derselben tritt er in die feinsten Ausläufer des „inneren Körpers“ oder der „Samenwurzel“³⁾. Aus den zahlreichen einzelnen Aestchen tritt derselbe dann in beiden Cotyledonen in die beiden Hauptäste und aus diesen endlich in den Hauptstrang des inneren Körpers, welcher, wie oben geschildert, das Würzelchen durchzieht. Dieses beginnt sofort anzuschwellen und sich auszu dehnen, während die „Feder“ sich noch vorläufig ruhig verhält. Erst wenn das „Würzelchen“ zur Wurzel ausgewachsen ist, nimmt der Saftstrom eine andere Richtung. Jetzt erst übernimmt die ausgewachsene „Pflanzenwurzel“ (das frühere Würzelchen) die ernährende Funktion, da sie jetzt tief in den Boden hineinwächst und ihr dort bessere Nahrung zu Gebote steht als der „Samenwurzel“ („dem inneren Körper“). Aus der eigentlichen Wurzel also steigt jetzt der Saft zur „Feder“ hinauf⁴⁾, ausserdem aber ergiesst er sich durch die beiden Seitenzweige des „inneren Körpers“ bis in die feinsten Verzweigungen in den Cotyledonenanlagen. Sein Weg findet jetzt also in gerade entgegengesetzter Richtung statt als zuvor. Die beiden Lappen wachsen jetzt zu den Keimblättern (dissimilar leaves) aus, alle Organe schwellen an und aus dem Samen wird die Pflanze. Später entfaltet sich die „Feder“ zur Blätterkrone. Es bedurfte also nur des ernährenden „Saftes“ und der ausdehnenden Kraft.

Dieser im ersten Kapitel angedeutete Entwicklungsgang wird nun in den folgenden Kapiteln weiter ausgeführt. Da jedoch bei einer genauen Wiedergabe des Inhalts im engen Anschluss an die einzelnen Kapitel Wiederholungen nicht zu vermeiden sein würden, so soll hier nur das Wichtigste unter den Rubriken: Anatomie, Physiologie und Entwicklungsgeschichte gesammelt werden.

1) l. c. § 34.

2) l. c. § 35.

3) l. c. § 36 d. h. Gefässbündel.

4) l. c. p. 8 § 40.

Anatomie.

Als erstes, was dem Anatomen die Wurzel¹⁾ sowohl als auch der Stengel oder irgend ein anderes Organ darbietet, nennt Grew die „Haut“²⁾. Sie sei nichts weiter als die ausgedehnte cuticle. Wie die cuticle „Würzelchen“, „Feder“ und Cotyledonen gleichmässig umzog, so umzieht die Haut gleichmässig Wurzel, Stamm, Zweige, Blätter und Blüthen und Früchte der ausgewachsenen Pflanze. — Auf die Haut folge nach innen zu die Rinde (cortical body), welche mit einem Schwamm verglichen wird. Sie ist nämlich porös und dehnbar und lässt sich zusammendrücken. Die unzähligen sehr kleinen „Poren“ sind in der Richtung der Länge und Breite gleich gross, was daraus geschlossen wird, dass ein abgeschnittenes Stück Rinde beim Austrocknen nach allen Richtungen gleichmässig schrumpft.

Die Rinde findet sich ebenso wie die Haut im Stamm und in der Wurzel gleichmässig und ist überall nichts weiter als ein Theil des angeschwollenen Samen-Parenchyms.

Auf die Rinde selbst folgt der Holzkörper³⁾ (lignous body). Die Theile desselben sind in Kreisen (auf dem Querschnitt) angeordnet und häufig mit Theilen des Rindenkörpers vermischt. Von diesen unterscheiden sie sich überhaupt nur dadurch, dass sie deutlicher zu erkennen, in geringerer Anzahl vorhanden und wesentlich nur in der Längsrichtung ausgedehnt sind. Etwas eingehender werden die „Holzporen“, nach jetziger Bezeichnung „Gefässe“, im Stamm⁴⁾ beschrieben. Es wird dort zwischen drei Arten von „Poren“ unterschieden. Die beiden ersten sind schon mit blossem

1) Book I, chap. 2, p. 11, § 2.

2) Unter skin ist also die Epidermis und ausgewachsene Pflanze zu verstehen, unter cuticle die des Embryo.

3) l. c. p. 12 § 7—9.

4) Book I, chap. 3 § 8—12. — Es sei hervorgehoben, dass Grew's Holzkörper sich nicht mit dem heutigen Begriffe deckt. Grew rechnet auch die Bastfasern und alle verdickten Elemente zum „Holz“, aber die Holzzellen nicht.

Auge sichtbar. Man kann sie nach Grew am deutlichsten an Eichenbalken wahrnehmen und dort ganz deutlich constataren, dass sehr selten oder niemals sich zwei derselben vereinigen, sondern dass man die einzelnen Poren als von einander getrennt und isolirt einen Fuss, ja selbst einen halben Yard weit deutlich verfolgen könne¹⁾. Eine zweite Sorte von Poren sei kleiner, aber mit Hülfe eines guten Vergrösserungsglases noch immer deutlich wahrzunehmen²⁾.

Nur mit dem Mikroskop hingegen lasse sich die dritte Art von Poren nachweisen. Sie wurde nach Grew's Zeugnis zuerst von Hooke gesehen, der die Wegsamkeit auch experimentell nachgewiesen hat, indem er ein Stück Holzkohle mit Quecksilber imprägnirte und darthat, dass an beiden Enden das Quecksilber sichtbar ist³⁾. Von diesen Poren sagt Grew ferner, dass er ihre Existenz auch in den Stengeln der „Kräuter“ vermuthet, aber erst mit Hülfe eines guten Glases habe constatiren können. Jede Faser sei nämlich bei diesen Pflanzen 30, 50 oder 100 mal durchbohrt und die richtigste Auffassung dieser Wahrnehmung sei wohl die, dass jede Faser dem Auge zwar eine einzige zu sein scheine, in der That aber sei sie eine grosse Anzahl von Fasern und jene Poren seien nicht nur Zwischenräume zwischen den einzelnen Theilen des Holzes, sondern die inneren Hohlräume der Fasern selbst, so dass, wenn er gefragt würde, was das alles sei, was man bei einem Kraut oder einem Stamm als Holztheil bezeichne, er antworten würde, dass es nichts sei als nur ein Haufe unzähliger und ausserordentlich kleiner Gefässe oder hohler Fasern⁴⁾. Der gesammte Holztheil einer Pflanze also, der sich, wenn man ihn oberflächlich betrachte, als ein einziges, solides Stück zeige oder auch in viele Aestchen und Zweige zertheilt sei, sei eigentlich nichts Anderes

1) Book I, chap. III, § 8. 2) l. c. § 9.

3) l. c. § 10. Diese von Grew citirte Stelle findet sich in Hookes Mikrographia (observ. XVI of charcoal). Sie darf jedoch nicht missverstanden werden. Hooke wollte dadurch zeigen, dass die Poren der Holzkohle continuirlich und ohne Scheidewände das ganze Stück durchzögen. Ueber die Frage, ob die einzelnen Zellen gegen einander abgeschlossen sind, vgl. Einleitung p. 17.

4) l. c. § 11.

als die ausgedehnte Samenwurzel¹⁾ (inner body). Denselben Ursprung haben auch die Holztheile in den Knospen, Blättern, Blüthen, Früchten u. s. w.

Die Massenverhältnisse des Holzkörpers seien verschieden im Stengel und in der Wurzel. Während der lignous body in der Wurzel oft nur einen dünnen Strang bilde, sei er im Stamme bedeutend ausgedehnter. Gerade entgegengesetzt sei dass Massenverhältniss der Rinde²⁾.

Im Holzkörper nennt Grew aber noch einen anderen fremden Bestandtheil, nämlich die „Einschiebsel“ (insertions)³⁾, die „Markstrahlen“ unserer heutigen Terminologie. Er leitet sie mittelbar vom Parenchym des Samens her, wenngleich sie direct von der Rinde abstammen sollen. Denn, sagt Grew, beim Zerschneiden einer Wurzel habe er gefunden, dass die Rinde nicht nur den Holzkörper umgebe, sondern auch Stücke in denselben einfüge⁴⁾. Dieselben schoben sich zwischen die Verästelungen des Holzkörpers ein⁵⁾ und stellten dadurch ein festes Gefüge her. Die Zahl und Grösse der Einschiebsel sei verschieden, charakteristisch aber für sie sei, dass ihre Poren im Gegensatz zu den in der Längsrichtung gestreckten Poren des Holzes ihre grösste Ausdehnung in der Richtung der Breite⁶⁾ besitzen. Im Holze des Stammes seien die grössten dieser Einschiebsel schon mit blossen Auge zu erkennen⁷⁾, und zwar erscheinen sie als glattere Stellen wie sie z. B. im Holz der Tische versprengt sind⁸⁾. Auf dem Querschnittsbild durchkreuzen sie die in Ringen angeordnete Substanz des Holzes und dokumentiren sich dadurch als eine „vollständig verschiedene Substanz“. Grew bezeichnet diese Erscheinung als „ein Bild des Kampfes“.

Endlich wird noch ein letzter Bestandtheil des Pflanzenorganismus von Grew erwähnt, nämlich das Mark⁹⁾. Es

1) l. c. chap. II, p. 12, § 7. 2) l. c. chap. II.

3) l. c. chap. II, § 10—15, p. 12 u. 13.

4) l. c. § 10. 5) l. c. § 13.

6) Die Ausdrücke Länge und Breite sind immer auf das Organ zu beziehen, in dem die betr. Poren vorkommen.

7) chap. III, § 12—17. 8) l. c. § 13.

9) chap. II, § 16—23.

sagt er, fülle den innersten Theil des Stengels und der Wurzel aus. Es sei jedoch in der dünneren Partie der Wurzel nur als ein ganz schmaler Streif vorhanden, der jedoch nach oben nach den dickeren Partien der Wurzel hin und im Stamme anschwellen zu beträchtlicher Dicke. Da nun die Markstrahlen (insertions) ebenfalls in den dünneren Partien der Wurzel seltener, in den dickeren Stellen derselben dagegen und im Stamme häufiger sind, so schliesst Grew daraus, dass die Ernährung des Markes hauptsächlich durch diese Markstrahlen besorgt werde. Der Ursprung des Markes hingegen sei im Samen zu suchen, wo seine ersten Anlagen sich im Innern der Samenwurzel (inner body) zeigen, und zwar an der Stelle, wo die beiden Hauptäste derselben in die beiden Lappen einbiegen.

Auf eine nahe Verwandtschaft zwischen dem Mark und dem Parenchym des Samens weist auch¹⁾ der Umstand hin, dass das Mark aus lauter kleinen Bläschen bestehe, ja ein Haufe von Bläschen genannt werden könne. Sie seien nach allen Seiten gleichmässig ausgedehnt²⁾ und³⁾ dünn und zusammenhängend, den Zellen einer Honigwabe vergleichbar. In Längsreihen angeordnet ziehen sie sich durch die ganze Pflanze als ein verbindendes Glied zwischen ihren äussersten Organen.

P h y s i o l o g i e.

Der ganze oben geschilderte Apparat von Poren und Bläschen dient nun der Ernährung. Der „Saft“, meint Grew, dringe aus dem Boden in die Wurzel ein. Er wandere durch die cuticula in den Rindenkörper ein und dort kommt es, indem die von aussen eingedrungenen Bestandtheile mit solchen, die der Wurzel eigen sind, sich mischen, zur Gährung. Dieselbe bewirke, dass eine Anzahl Safttheilchen nach der Peripherie getrieben werde und dort die Haut (skin) wachsen und erstarken mache. Ein anderer Theil des Saftes sickere durch den Rindenkörper hindurch, und während er auf diese

1) chap. II, § 18.

2) chap. II, § 19.

3) chap. II, § 20.

Weise filtrirt werde, bewirke er gleichzeitig eine Anschwellung der Rinde. Dieselbe dehne sich so weit aus als möglich sei, ohne dass ihre einzelnen Theile von einander losreissen. Endlich gelange der Saft in den Holztheil, wo er nun durch Vermischung mit den organischen Bestandtheilen des Holzes unter nochmaliger Gährung seine höchste Vollkommenheit erreiche, als „vegetable ros“ oder „cambium“. Der vorzüglichste Theil des so bereiteten „Saftes“ werde nun wieder zu Holz verarbeitet, indem er sich durch den ganzen lignous body verbreite. Der Rest des Saftes kehre durch den Rindenkörper in die Haut zurück und ernähre alle Theile¹⁾, die er durchläuft.

Wirklich ernährt werde also zunächst das Holz. Dies beginne denn auch zuerst eigentlich zu wachsen — nicht bloß passiv ausgedehnt zu werden²⁾ — und zwar in der durch die Form seiner Poren angedeuteten Richtung, in diesem Falle also in der Längsrichtung. Es reisse nun bei seinem Wachsthum in denjenigen Theilen, in welchen es die Rinde überwiegt, diese letztere mit sich fort. Der obere dickere Theil der Wurzel also und der Stamm werde aufwärts wachsen, der untere dünnere Theil der Wurzel hingegen werde, da in ihm die Rinde an Masse das Holz überwiege, das Aufwärtstreben des letzteren hindern und ein Abwärtswachsen bewirken. Das Holz sei also die Ursache, die Rinde nur ein Regulator des Wachsthum.

Ausser dem Längenwachsthum habe aber das Holz noch ein Breitenwachsthum. Man müsse daher annehmen, dass der „Saft“ nicht nur in dem Innern der Poren sich befinde, sondern auch an ihren Wänden sich festsetze und mit denselben zusammenbacke, sie also verdickt. Mit dieser Erscheinung gehe nun aber eine andere Hand in Hand. Das Holz sei nämlich, da seine Poren vornehmlich in der Längsrichtung gestreckt seien, in dieser Richtung leicht spaltbar. Je mehr

1) l. c. chap. II, § 23.

2) Das Wachsthum ist also nach Grew im ersten Stadium ein passives Ausgedehntwerden (vgl. d. o. üb. d. erste Wachsthum Gesagte), im zweiten Stadium auch ein Zunehmen an organisirter Substanz. — chap. II, § 24.

nun durch Breitenwachsthum der Holzkörper sich der Haut nähere, um so grösser werde der Kreis, den sein Querschnitt zeige, um so mehr Raum also habe er auszufüllen, während er gleichzeitig die zwischen ihm und der Haut gelegene Rinde auf einen immer kleineren Raum zusammenpresse. Schliesslich beginne der Holzkörper in Längsrissen auseinander zu klaffen und in diese hinein schoben sich nun Theile des Rindenkörpers. Auf diese Weise entstehen die insertions (Markstrahlen), indem sich dieselben tiefer in den „lignous body“ hineinschoben, bilde sich das Mark¹⁾, welches nun besonders dazu geeignet sei, die Vertheilung des Saftes zu vermitteln.

Die Flüssigkeit nämlich, welche durch die Haut in den Rindenkörper eingetreten sei, sickere nicht nur, wie oben geschildert wurde, in das Holz ein, sondern sie habe auch das Bestreben, durch die Einschiebsel (insertions) in das Mark zu gelangen. Während ihr nun in den oberen dickeren Gegenden der Wurzel das entgegenschwellende Mark den Eintritt nicht gestatte, so gelinge es ihr dafür in den unten schmalen Partien der Wurzel in das Mark einzudringen, weil dasselbe dort nur schwach und von geringer Widerstandskraft sei, sei aber erst der untere Theil des Markes von Saft erfüllt, so treibe die nachdrängende Flüssigkeit den ersteren in den Zellen des Markes aufwärts und die beweglichsten und leichtesten Theilchen desselben steigen bis in den Stamm hinauf. Die minder beweglichen und schwereren Theilchen hingegen träten nach einiger Zeit wieder aus dem Marke aus und verlassen dasselbe wieder durch insertions, aber durch höher gelegene, als diejenigen, durch welche sie eintraten. Sie kehren auf diese Weise wieder in die Haut und endlich gar in den Erdboden zurück, um später von dort aus ihren Kreislauf immer und immer wieder zu erneuern.

Die flüchtigeren und leichteren Bestandtheile aber, wie schon erwähnt, steigen in den Stamm hinauf. Sie haben da-

1) chap. II, p. 16, § 27. Nur die allererste Anlage des Marks stammt direct vom Samen-Parenchym ab, welches in dem inner body eingeschlossen ist. Vgl. o. u. chap. II, §§ 16, 17 u. 18.

bei ein Zwischenglied zwischen Wurzel und Stamm, das sogenannte Bindeglied (Coarcture) zu passiren. Im Stengel nun hat der Saft eine „Neigung“ (disposition and tendency)¹⁾ aufwärts zu steigen, wodurch der Stamm eine „magnetical tendency“²⁾ erhalte, aufwärts zu wachsen.

Und zwar sowohl im Holz wie auch im Mark steige der Saft auf. Dieser Umstand erkläre, warum markreiche Stämme am schnellsten wachsen³⁾: denn das saftreiche Mark könne von seinem grossen Vorrath an das Holz abgeben, woraus eine etwas complicirte Wechselwirkung resultire, welche zur Erklärung des Saftsteigens führe.

Der Saft steige nämlich im Marke auf ähnlich wie Feuchtigkeit in einem Baumwollenfaden⁴⁾. Dass man diese Erscheinung jedoch nicht künstlich dadurch hervorrufen könne, dass man etwa ein Stück Holundermark in eine Flüssigkeit tauche, sei erklärlich, weil die Zellen in diesem Fall mit Luft erfüllt seien und der Flüssigkeit daher den Eintritt nicht gestatteten⁵⁾.

Aber das Aufsteigen des Saftes in einem Baumwollenfaden habe bald ein Ende, sagt Grew, und so müsse denn auch im Pflanzenstengel noch eine andere Kraft hinzukommen, um das Saftsteigen zu befördern. Nun sei aber zu beachten, dass auch ein seitlicher Strom aus dem Holze nach dem Marke übergehe. Dort in den Holzgefässen aber werde der Saft mechanisch hinaufgepresst durch den Druck der Wände. Habe auch diese Kraft ihr Ende erreicht, so werde wieder ein seitlicher Strom von den Holzgefässen an das Mark abgegeben, um dort wieder ein Stück hinaufgesogen zu werden, bis diese Kraft wieder nicht mehr ausreiche und der Saft wieder zu dem Holz hinüberwandern müsse zur weiteren Beförderung⁶⁾. So werde durch eine beständige Wechselwirkung zwischen Holz und Mark der Saft höher und höher gehoben. — Ausser der wichtigen Rolle, welche das Mark hierbei spiele, habe es noch andere Aufgaben zu erfüllen. Es sei durch seine geschützte Lage nämlich besonders geeignet, den

1) chap. III, § 21.

2) l. c.

3) chap. III, § 31.

4) l. c. § 32.

5) l. c. § 31.

6) l. c. § 32.

Saft zu conserviren¹⁾ und seine weiteren „Gährungen“²⁾ langsam und sicher vor sich gehen zu lassen.

Manchmal gehe das Mark auch ganz zu Grunde. Wenn nämlich die Gewalt des im Holze circulirenden Saftes grösser werde, so dränge der *lingous body* die Rinde auf einen immer kleineren Raum zusammen³⁾ und dehne dabei gleichzeitig das Mark, welches ja in seiner Mitte eingeschlossen sei, immer mehr aus, so dass es grössere und immer grössere Poren bekomme. Wachse aber die Gewalt des Saftes noch mehr, so zerreisse schliesslich das ganze Mark und die Flüssigkeit, die es enthält, ströme durch die Rinde nach aussen hervor⁴⁾. Dadurch werde der Stengel hohl. Dieser ganze Vorgang schade jedoch der Festigkeit des Stammes nicht nur nicht, sondern er vermehre sie sogar, da jetzt das ganze Material, das den Stengel zusammensetze, auf seine Peripherie concentrirt sei. Grew erinnert zum Beweise an die Federn und grösseren Knochen, die ja auch hohl seien und sagt: wenn man einen solchen Knochen in einen soliden „zusammenzöge“ würde er zwar nicht schwerer und zur Bewegung nicht minder tauglich sein, aber er würde doch weniger Kraft besitzen, als dies der Fall sei, wenn sein Material nur an der Peripherie angeordnet wäre (zu einer „*circumferencial posture*“ auseinander gerückt würde)⁵⁾.

Für die ganze vorgetragene Saft-Circulation sei nun noch von grosser Wichtigkeit der Umstand, dass ebenso wie ein Saftstrom von der Wurzel aus aufwärts durch den Stengel gehe, auch andere Ströme in den Markstrahlen (*insertions*) sich bewegen. Dadurch werde nicht nur, wie oben gezeigt, eine Vervollständigung des Kreislaufs herbeigeführt und das Aufsteigen des Saftes erklärt, sondern es werde dadurch auch die Anordnung der einzelnen Theile auf dem Querschnitt der Pflanze bedingt. Wenn nämlich der Saft durch die Einschiebsel den Stengel verlasse, bleiben die schwerfälligen Theile desselben unterwegs in bestimmten Abständen liegen und bilden so die Kreise, in welchen die Holztheile angeordnet seien⁶⁾. Die flüchtigeren und leichteren

1) chap. III, § 26.

2) l. c. § 27.

3) l. c. § 22.

4) l. c. § 23.

5) chap. III, § 24.

6) chap. IV, § 3.

Bestandtheile dagegen schiessen darüber hinaus und stemmen sich gegen die Rinde, welche sie endlich hinauspressen und vor sich herschieben. Dadurch dehnt sich Haut, Rinde und Holz nach der Richtung des Druckes hin aus, und so schiebt sich durch die Ausdehnung schon vorhandener Theile ein Zweig aus dem Stamme heraus, „wie man ein Fernrohr auszieht“¹⁾. Die einzelnen Theile des Saftes aber stauen sich oft, nachdem sie aus ihrer Bahn gerissen sind, und bilden so die Knoten²⁾, welche sowohl dazu dienen, den jungen Zweig zu festigen, als auch den durchströmenden Saft durchzuzeichnen³⁾.

Ganz unabhängig aber von dem bisher geschilderten Saft-Circulationssystem durchläuft die ganze Pflanze ein Strom von Flüssigkeit in gerade entgegengesetzter Richtung als der in der Wurzel aufsteigende. Von den Blättern nämlich wird nach Grew Flüssigkeit aus der Luft aufgesogen und durch den Stamm zur Wurzel hinabgeleitet⁴⁾. Durch die Thätigkeit der Blätter selbst werden ferner in dem erstgenannten aus der Wurzel heraufkommenden Strom die gröberen Bestandtheile ausgesondert, bevor er in die Blüthe einmündet⁵⁾. Denn diese darf er nur in ganz gereinigtem Zustand betreten. Die Blüthe selbst dient wiederum dazu, das Aufsteigen des Saftes zu befördern und so die Ernährung der jungen Frucht zu beschleunigen. So dürfen die Blüthen keiner Pflanze fehlen, wenn nicht die Frucht verdorren soll. Andererseits aber dürfen die Blüthen auch nicht zu gross sein, da sie sonst den Saft selbst verbrauchen und die Früchte verkommen lassen würden⁶⁾. In die Früchte endlich wird der Saft durch die „Holzfasern“ geleitet, welche sich von dem Stengel aus in die Früchte hinein verzweigen. Dann tritt der Saft in das Parenchym der Frucht ein, woselbst er sich vielfach in Concretionen niederschlägt⁷⁾. Er ist nun am Orte seiner Bestimmung angelangt, denn hier bildet sich nach Grew der „Same“ folgendermassen⁸⁾:

1) l. c. 2) l. c. § 4. 3) l. c. § 5.

4) chap. IV § 19. 5) l. c. § 20. 6) chap. V § 12.

7) Vergl. hierzu chap. VI § 1—9.

8) chap. VII.

„Samen“ nennt Grew den Embryo. Vor der Bildung desselben sind nach Grew schon sämtliche Umhüllungen desselben vorhanden. Zu den Umhüllungen des Embryos rechnet Grew aber nicht nur die beiden Samenhäute (er zählt bekanntlich, wie im Früheren ausgeführt worden ist, zwei Samenhäute auf), sondern auch das Pericarp. Wie nun soeben gezeigt worden ist, steigt nach Grew in den Gefässbündeln, welche er Holzfasern nennt, der Saft in das Pericarp, um von dort in die Samenknospe („secundina“ Grew's) einzudringen. Von dort aus gelangt er dann in den Embryo („seed“ Grew's), dessen Zellen sich aus dem „gährenden Saft“ bilden, wie die Poren des Weissbrods beim Backen. Die Gefässe des Embryo gehen nach Grew aus den im Pericarp enthaltenen Gefässbündeln hervor.

Was noch von dem Inhalt des ersten Grew'schen Werkes übrig bleibt, bezieht sich auf seine Vorstellungen von Blättern, Blüthen und Früchten. Es wurde schon oben bei Gelegenheit der Besprechung der Saft-Cirkulation dargestellt, wie sich nach Grew's Ansichten ein Zweig bildet. Nachdem ein solcher aus dem Stamm hervorgebrochen ist, entfalten sich an ihm bald die Blätter. Ihre Bestandtheile sind nach Grew die des Stengels, nur mit dem Unterschiede, dass ihre Holzfasern nicht eine gerade Verlängerung derjenigen des Stammes sind, sondern sich an diese unter einem Winkel ansetzen. Sie verzweigen sich im Blatte mannigfach und bestimmen dadurch die Form desselben. Gleichzeitig aber machen sie das Blatt geeignet, seine Bestimmung zu erfüllen, nämlich einen „schützenden Baldachin“ über der jungen Knospe zu bilden¹⁾. Der Schutz ist nach Grew überhaupt die wesentlichste Funktion der Blätter. Sie haben Blumen²⁾ und Früchte um sich gegenseitig³⁾ zu beschirmen. Dadurch wird auch ihre Stellung bedingt. Es werden vielfach solche Stellungen aufgezählt, ohne dass Grew jedoch zu mathematischen Regeln gelangte. Nur zwei Gesetze stellte er an die Spitze dieser Betrachtungen. Möglichste Eleganz und möglichst grosse Sicherheit sollen erreicht werden.

1) Vgl. hierzu chap. IV §§ 7—13.

2) l. c. § 18.

3) l. c. §§ 16 u. 17.

Den Blüthen wird ebenso wie den Blättern ein eigenes Kapitel gewidmet. Es wird erwähnt, dass dieselben aus 3 Theilen bestehen: aus dem Kelch (*empalement*), der Krone (*foliature*) und den Staubgefässen (*attire*).

Da der Kelch nach Grew der Festigkeit dient, so fehlt er denjenigen Blüthen, welche starke Kronenblätter haben, so den Tulpen. Bei Blumen mit sehr schwachen Kronenblättern dagegen sind die einzelnen Blätter des Kelches zur Erhöhung der Festigkeit mit einander verbunden¹⁾.

Die Krone besteht aus einzelnen Blättern, deren Anordnungsweise wie bei den Laubblättern wohl vielfach beschrieben, aber nirgends allgemeinen Gesetzen untergeordnet wird. Wie die Krone vom Kelch geschützt wird, so schützt sie wiederum die Staubgefässe und manchmal auch die Frucht²⁾. Ihr Nutzen für die Saft-Circulation ist schon erwähnt³⁾.

Die Staubgefässe endlich werden eingetheilt in zwei Arten: „*seminiforme attire*“ und „*florid attire*“. Die ersteren bestehen aus einem Staubfaden (*chives*) und einem Staubbeutel (*semet*). Der letztere springt später auf und entlässt einzelne runde Körperchen (*globulets*), welche jedoch wiederum als Conglomerate kleinerer Körnchen aufzufassen sind⁴⁾. Ausführlich wird die verschiedene Anheftungsweise⁵⁾ und Färbung⁶⁾ der Staubbeutel verhandelt.

In Gegensatz zu den Staubgefässen stellt Grew die Randblumen der Compositenblüthen als *florid attire*⁷⁾. Er gibt an, sie bestehen aus drei in einander geschachtelten Stücken: das äusserste (*floret*) ist hohl und röhrenförmig und scheint gewissermassen eine reducirte Blume zu sein. Es schliesst in sich zweitens die „Scheide“ (*sheath*), welche ebenfalls hohl und an der Spitze getheilt ist. Sie umfasst den dritten Theil („*blade*“), welcher nicht hohl, aber an der Spitze in zwei Hälften getheilt ist, an den sich Körper anheften, welche Staubbeuteln ähnlich sind⁸⁾. Ueber

1) chap. V §§ 2—4. 2) l. c. §§ 5—11.

3) Vgl. das o. unter „Physiologie“ Gesagte.

4) l. c. § 15. 5) l. c. § 16. 6) l. c. § 13.

7) Was Grew hier *attire* nennt, sind die reducirten Randblumen.

8) Es liegt auf der Hand, dass mit diesem *florid attire* nur

die Bedeutung der Blüthe kam Grew nicht zur Klarheit. Er erwähnt zwar selbst, dass es thöricht wäre zu glauben, ihre Schönheit könnte ihr Zweck sein, auch dass sie manchen Thieren zur Nahrung gereichen, scheint ihm nicht der einzige Zweck ihres Daseins zu sein. Aber welcher Art der Nutzen der Blüthe für die Pflanze eigentlich sei, vermag er nicht zu enträthseln.

Auch von den Früchten bespricht Grew ausführlich mehrere Typen und erwähnt ausdrücklich, dass auch sie immer aus Holz- und Parenchym-Theilen bestehen. Soweit Grew.

Wenn wir den oben kurz wiedergegebenen Inhalt des Grew'schen Werkes mit dem vergleichen, was sich in Hooke's Mikrographia an botanisch interessanten Thatsachen finden lässt, so können wir nicht umhin zuzugestehen, dass sich hier ein grosser Fortschritt zeigt. Vielleicht hätte man von vornherein vermuthet, dass der erste Forscher, der es unternimmt das Leben der Pflanzen unter Zuhülfenahme des Mikroskops zu erforschen, uns wohl eine reiche Menge von Thatsachen, eine Fülle von Beobachtungen bieten würde; dass er aber im Streben darnach, uns mit möglichst vielem des von ihm Gesehenen bekannt zu machen, die Uebersicht über das Ganze verlieren würde. Gerade das Gegentheil finden wir bei Grew. Es kommt ihm zunächst darauf an, ein wissenschaftliches Lehrgebäude zu schaffen. Gerade weil er so gut wie gar keine Vorarbeiten vorfindet, hält er es zunächst für nöthig, seinen weiteren eigenen Studien gewissermassen einen Uebersichtsplan vorzuschicken. Gerade um später recht erfolgreich das Mikroskop in Anwendung bringen zu können, kommt es ihm zunächst darauf an, sich über den Bau der Pflanze im Allgemeinen zu orientiren, soweit dies mit unbewaffnetem Auge möglich ist, und das Mikroskop vorerst nur da in Anwendung zu bringen, wo es sich durchaus nicht ver-

die Compositen-Blüthe gemeint sein kann. Unter den „Staubgefässen“ sind dann also die einzelnen Blüthen zu verstehen. Da also Grew's dritter Theil (blade) nur den Griffel bedeuten kann, so muss angenommen werden, dass Grew die Narben mit Staubbeuteln verwechselt hat.

meiden lässt. Damit hängt zusammen, dass zunächst ein grosser Werth gelegt wird auf Klarstellung der allgemeinen histologischen Verhältnisse, dass die Begriffe von Haut, Holz, Rinde, Mark u. s. w. festgestellt und die Massenverhältnisse derselben sorgfältig untersucht werden. „Haut“ (skin) nennt Grew das, was heutzutage mit Epidermis bezeichnet wird, unter Rinde versteht er im weitesten Sinne des Wortes alle zellige Substanz der Pflanze, denn auch das Mark und die „in-sections“ (worunter selbstverständlich die „Markstrahlen“ verstanden sind) stammen ja nach seiner Ansicht von der Rinde her. Im Gegensatz dazu wird als Holz alles bezeichnet, was ein faserähnliches Aussehen besitzt. Es werden unter diesem Begriff die grossen Gefässe des Holzes ebenso gut wie Siebfasern, Baströhren oder collenchymatisch verdickte Zellen verstanden. Von der Beschaffenheit und dem Aussehen der einzelnen Gefässe hat Grew keine Vorstellung.

Ueber den Begriff der Zelle kommt er kaum weiter als Hooke. Der Vergleich des Parenchyms mit einem schwammigen Körper oder mit einer Bienenwabe findet sich bei dem letztgenannten auch schon mehrfach. Auch stellte Hooke sich die Zellen schon als gegen einander abgeschlossene Gebilde vor¹⁾. Die Ausdrücke „cells“, „pores“ und „bladders“ finden sich ebenfalls schon bei ihm, sowie auch die Vermuthung, dass die Zellen der Ernährung dienen²⁾ und Betrachtungen über ihre verschiedene Lage³⁾.

Dennoch ist in den Anschauungen Grew's ein grosser Fortschritt zu constatiren. Dieser Forscher ist zu der Ansicht gelangt, dass in allen Pflanzenorganen sich „Poren“ befinden. Damit ist die zufällige Entdeckung Hooke's zu hoher Bedeutung erhoben worden, und mehr noch: Grew führt die Entstehung sämtlicher Poren auf den Samen zurück. Dabei unterscheidet er allerdings zwischen den Poren der Rinde und denen des Holzes insofern, als er die einen aus dem „parenchyma“, die anderen aus den Gefässbündeln des Embryos entstehen lässt. Ja, er unterscheidet sogar zwischen diesen beiden Arten von „Poren“ sehr genau und spricht sogar

1) s. d. Einleitung dieser Abhandlung.

2) l. c. 3) l. c.

an einer Stelle davon, dass sie mit einander im Kampf zu liegen scheinen. Aus dieser hier wohl nur bildlich gemeinten Vorstellung ist in den späteren Schriften Grew's eine verhängnissvolle Theorie erwachsen. Ueberhaupt unterscheidet sich dieses erste Werk Grew's von seinen späteren Schriften vortheilhaft durch die einfach klare Art, mit der die anatomischen Thatsachen dargethan werden. Nur manchmal begegnen wir hier dem Hang, alles Wahrgenommene gleich durch kühne Hypothesen erklären zu wollen, wie z. B. bei Gelegenheit der Schilderung der Massenverhältnisse des Holzkörpers in der Wurzel und im Stamm. Richtig erkennt er den centralen Gefässsstrang der Wurzel¹⁾ und die kreisförmige Anordnung im Querschnitt des dikotylen Stammes, schiebt die Ursache davon aber auf ein strahlenförmiges Ausfliessen des Saftes durch die Markstrahlen²⁾.

Desto freier lässt Grew seine Phantasie in den physiologischen Abschnitten spielen. Statt seine complicirte „Saft-Circulations-Theorie“ durch irgend ein Experiment zu stützen, genügt es ihm zu wissen, dass dieselbe in keinem Punkte dem ihm bekannten anatomischen Befunde widersprach³⁾. Geleitet durch die damals häufig auftretende Idee, dass der von Harwey entdeckte Kreislauf des Blutes bei den Pflanzen sein Analogon in einem Kreislauf des „Lebenssaftes“ finden müsse, construirte er einen solchen in die Pflanzen hinein und es genügte ihm zu wissen, dass derselbe möglich sei, um anzunehmen, dass er wirklich sei. Immerhin hat dieser Gedanke von einem Kreislauf des Saftes in den Pflanzen für die Wissenschaft den Vortheil gehabt, dass man eine Hypothese hatte, deren Richtigkeit oder Nichtrichtigkeit spätere Versuche zeigen und so der experimentellen Physiologie einen Weg eröffnen konnten⁴⁾.

Was in Grew's physiologischen Erörterungen sehr anerkennenswerth ist, ist der Umstand, dass er alles mecha-

1) vgl. p. 5 dieser Abhandlung.

2) vgl. p. 6 dieser Abhandlung.

3) vgl. p. 5—6 dieser Abhandlung.

4) vgl. J. Sachs, Geschichte der Botanik, München 1875, p. 497 unten u. 498 oben.

nisch zu erklären bemüht ist. Aus dieser Absicht sind ja die complicirten Erklärungsversuche für das Steigen des Saftes in den Pflanzen hervorgegangen, welche oben im Sinne von Grew erörtert worden sind. Auch tritt in Grew's Saftcirculations-Theorie zum ersten Male der Gedanke auf, dass der aus dem Boden in die Pflanze eintretende Saft innerhalb der Pflanze einer Veränderung unterworfen werden muss, um zum Nährmaterial der Pflanze¹⁾ tauglich zu werden, während Paracelsus die organischen Wesen direct aus anorganischem Stoffe hervorgehen liess.

Unter den kühnen aber oft falschen Gedanken Grew's verdient einer hervorgehoben zu werden, der in neuerer Zeit — selbstredend ganz unabhängig von Grew — zu hoher Bedeutung erhoben worden ist. Es ist die Thatsache, dass die peripherische Anordnung der mechanisch wirksamen Theile im Stengel zur Festigkeit desselben beiträgt²⁾, welche Grew ohne eigentliches Beweismaterial und man möchte sagen instinctmässig auffindet³⁾.

Aehnlich wie die physiologischen Ansichten Grew's, sind seine entwicklungsgeschichtlichen Theorien ganz unbewiesen und stellenweise phantastisch, obwohl die Beobachtungen, auf welche er seine Theorien gründet, wie oben gezeigt, stellenweise recht gut sind. Dass er z. B. die Zellen durch die „Gährung der Samenflüssigkeit“ entstehen lässt, wie die „Poren des Weissbrods beim Backen“, zeigt, wie weit er noch von einer richtigen Auffassung der Zellen entfernt war.

Auch über die Geschlechtsfunction der Blüthen, die er später entdeckt hat, ist ihm bis jetzt noch keine Ahnung aufgegangen. Dass er dagegen von einem Eindringen der „Holzfasern“ aus der Mutterpflanze in das Samenparenchym⁴⁾ spricht und diesen Vorgang mit dem Geschlechtsprozess der Thiere vergleicht, zeigt, wie sehr er sich oft von vorgefassten Meinungen beherrschen lässt. Der Gegensatz zwischen „Holz-

1) vgl. hierzu J. Sachs l. c. p. 513 Zeile 20 v. ob., wo dasselbe Verdienst d. Malpighi u. d. Maricotte betont wird.

2) vgl. hierzu S. Schwendner: Das mechanische System.

3) p. 6 dieser Abhandlung.

4) p. 6 dieser Abhandlung.

fasern“ und Parenchym wird hier gewissermassen von Grew als identisch zwischen dem männlichen und weiblichen Geschlecht bezeichnet.

Grew's Unterscheidung der Staubgefässe in „semet“ und „florid attire“ zeigt, dass ihm der Unterschied zwischen der einfachen und der Compositen-Blüthe bekannt war. Jedoch war die Entdeckung dieses Unterschiedes schon vor ihm gemacht worden.

Sonach haben die Mängel und Vorzüge des ersten Werkes von Grew denselben Grund. Grew will nicht fortfahren in den Bahnen Hooke's. Er will nicht einen Haufen von Beobachtungen ansammeln, sondern er will ein wohldurchdachtes Ganzes schaffen. Dass das bei der geringen Anzahl der ihm vorliegenden Beobachtungen nicht möglich ist, übersieht er. Das Abgerundete seines Werkes aber wirkte desto anregender. Das Buch fand eine schnelle Verbreitung und wurde schon nach wenigen Jahren in das Französische übersetzt. Eine der grössten Autoritäten, die sich anerkennend über das Werk aussprach, war Grew's Rivale Marcello Malpighi. Jedenfalls datirt von dem Erscheinen der „Anatomy of Plants begun“ die Geschichte der Wissenschaft der physiologischen Botanik.

3. Malpighi schickt seine „Idea“ ein.

An demselben Tage, an dem Nehemia Grew der Royal Society seine Arbeit gedruckt vorlegte, traf eine Sendung des berühmten Marcello Malpighi¹⁾, Professor zu Bologna, ein, welche derselbe am 1. November 1671 an den zeitigen Sekretär der Akademie Heinrich Oldenburg mit folgendem Geleitschreiben sandte:

Clarissimo viro Domino Henrico Oldenburg Soc.
Reg. Angl. Secr. Marcellus Malpighi salutem.

Plantarum anatomen cujus indagine me jam dudum insudasse alias te monui, tandem in actuariulum informe congestam hic habes, vir clarissime. Hanc (si tantorum viro-

1) geb. zu Crevalcuore b. Bologna 1656, gest. 1694 zu Bologna.

rum congressu non indignam agnoscas) Regiae Societati meo nomine exhibeas, rogo, ejusque sincerum mihi aperire sensum ne renuas. Si enim supervacaneos meos judicaveritis labores corpus aegritudinibus perpetuo fessum conquiescere sinam. At si non inutiles judicaveritis, reliquum vitae in his perficiendis insumam, prout mentis, corporis et fortunae tenuitas permittet. Aliam observationum seriem quam primum transmittam. Diu vivas et mea studia fovere ne desinas! — Dabam Bononiae Calend. Novembr. 1671¹⁾.

Bei dem Abdruck dieses Briefes in der von der Londoner Akademie veranstalteten Gesammtausgabe der Werke Malpighi's findet sich am Rande folgende Bemerkung beige-druckt: Haec est diatriba illa quae in hoc libro plantarum anatomes idea vocatur; quattuor circiter abhinc retro annis transmissa. Hieraus dürfte hervorgehen, dass Malpighi damals nichts einsandte, als jene 15 Seiten lange, jetzt als Einleitung für das ganze Werk dienende „Idea“. Sollte man aber dieser Randbemerkung keinen Glauben beimessen, so genügt ein Blick auf das auf der folgenden Seite abgedruckte Antwortschreiben Oldenburg's, um in dem ersten Satze die Worte zu lesen: „scriptum illud tuum anatomes plantarum ideam complectens...“ Dass damals in der That nur die Idea eingesandt wurde, geht auch daraus hervor, dass Malpighi später von jener Sendung immer nur als von einem Briefe spricht. Nun ist die „Idea“ wirklich in Briefform abgefasst, was sich in der Ueberschrift: „Magnae Regiae Angelicae Societati Marcellus Malpighius salutem“ verräth. Aehnliche Anreden folgen auch weiterhin und der leichte, schwungvolle Stil sowie das unterzeichnete Datum kennzeichnet die kleine Abhandlung als einen Brief. Wollte man dagegen annehmen, dass Malpighi damals den ersten Theil seiner Anatome eingesandt habe, so müsste man glauben, dass er ein grosses 78 Folioseiten und viele Tafeln fassendes Werk als einen Brief bezeichnet. Ein fernerer Beweis liegt endlich darin, dass man, falls unter der ersten Sendung nicht nur die Idea zu verstehen ist, nicht weiss, was Malpighi mit

1) Dieser Brief ist abgedruckt Malp. op. omn. tom. I appendix p. 13.

der in Aussicht gestellten zweiten Serie von Beobachtungen meint. Der zweite Haupttheil der Anatome kann nämlich darunter nicht verstanden sein, denn bei seiner zweiten Sendung erwähnt Malpighi, dass er sich die Abschnitte „de seminum generatione“ — „de gallis“ — „de radicibus“ — „de spinis“ für die Zukunft zu schreiben verspare. Aber gerade diese Abschnitte eben machen den Inhalt des zweiten Haupttheiles der Anatome aus.

Schon Pollender¹⁾ hat nachgewiesen, dass die Idea das einzige war, was Malpighi damals der Akademie einschickte. Diese an sich gleichgültige historische Frage wird von höchster Wichtigkeit für den von Schleiden angeregten Prioritätsstreit, wie dies auch Pollender schon hervorhebt.

Die Beschuldigung, Grew habe die Arbeit Malpighi's benutzt und erst später veröffentlichen lassen, ist schon aus dem Grunde undenkbar, weil Grew damals der Akademie gar nicht angehörte und erst später ihr Sekretär wurde. Sechs Jahre liegen zwischen der Zeit, da Malpighi seine Arbeit der Akademie übersandte und da Grew Sekretär der Akademie wurde. Hatte er also zunächst gar nicht die Macht dazu, Malpighi's officiell eingesandte Arbeit zu unterschlagen, so ist es ausserdem an sich schon ein Unding zu glauben, dass Grew sein dickes Werk aus einer 15 Seiten langen vorläufigen Mittheilung — und eine vorläufige Mittheilung war Malpighi's Idea nur — abgeschrieben habe. Endlich beweisen auch die Daten, dass Grew sein Werk schriftlich schon im Mai desselben Jahres, in welchem Malpighi seine Arbeit im November aus Bologna absandte, einreichte. Am 7. December gelangte Malpighi's Idea im Manuscript an die Akademie und am selben Tage lag Grew's erstes Werk schon gedruckt vor.

Dass aber Malpighi's Arbeit nicht sogleich gedruckt wurde, geschah sehr im Einverständniss mit dem Verfasser. Was sollte diese vorläufige Mittheilung ohne Abbildungen, welche Gegenstände behandelte, die keines Menschen Auge zuvor gesehen? Keineswegs aber wurde dem Malpighi

1) Pollender: „Wem gebührt die Priorität in der Anatomie der Pflanzen, dem Grew oder dem Malpighi?“ Vortrag, gehalten auf der Naturf.-Vers. 1867. Bonn, Georgi 1868.

verheimlicht, dass er die Priorität in der Pflanzen-Anatomie nicht besitze. Schon in dem Antwortschreiben vom 14. December 1671, welches der Anerkennung und des Lobes voll ist, bemerkt Oldenburg: Hoc interim celare te nolim, vir praestantissime, quendam e Societate Regia virum medicum nostratem, idem illud argumentum tractandum suscepisse, quinimo ea ipsa hora (quod forte miraberis) qua scriptum tuum a me proferebatur, libellum suum anglice jam editum laudatae Societati exhibuisse; in quo plantarum anatomen tum a ipso arcessit semine, tum singulis earum partibus earumque vegetandi ratione consideratis, cum semine claudit¹⁾.

Malpighi liess sich das Werk des Engländers kommen und von einem Freunde in das Lateinische übertragen, worauf er es las und folgendes Urtheil abgab:

„licet pleraque ob nimius exactam interpretis peritiam mentem meam fugiant, tamen auctoris inventa tenere me puto. Gaudeo interim, me cum accuratissimo viro in quam pluribus observationibus et placitis convenire; reliqua autem in quibus intercedere aliquid diversitatis videtur, ulteriori instituta indagine sollertius examinabo, ne quae tanti viri aciem effugere, illusionem quadam languidae meae imponant phantasiae²⁾.“

Auch über die weiteren Fortschritte Grew's wird dem Italiener berichtet und endlich gelingt es diesem, den ersten Haupttheil seines Werkes sammt den Abbildungen nach London zu senden. Aber sein Unstern dauert noch fort. Ungünstige Witterung verzögert die Seefahrt seines Freundes, dem er sein Werk anvertraut hat, und erst spät kann dieser die Arbeit des grossen Gelehrten in die Hände des erfreuten Oldenburg legen. Nach mehreren vergeblichen Anfragen des Malpighi kann der Sekretair der Royal Society endlich am 8. Februar 1675 schreiben:

„Temperamentum laetitiae meae vix inveniebam, quando post expectationem quinquemestrem anxiasque ob infideli maris discrimina mentis agitationes, preciosum tuum munus

1) op. omn. tom. I append. p. 14.

2) op. omn. tom. I append. p. 16.

philosophicum manibus meis incolume tradebatur. Eodem die (Januar scil. 8. 1675) quo mercator Londinensis datam de eo reddendo fidem liberabat, Ego Societati Regiae caetum publicum cum celebranti id ipsum exhibebam. Illi lustrata thesauri praestantia tot tamque gregiis iconismis condecorata, unanimes decrevere, cum ut summas ipsorum nomine gratias tibi remitterem, tum ut opus ipsum typis ac fieri posset elegantissimis mandatum, toti orbi philosophico quanto cius exponerem: Ad haec vota adjacere flagrantissima ut reliquum, quem innuis ingenii tui felicissimi de vegetatione proven-tum illibata valetudine perspicere tibi concedatur.

Und so geht es noch eine Zeitlang fort in überströmenden Worten fast überschwenglicher Anerkennung. Das ist der vermeintliche Undank, den Malpighi von der Londoner Akademie geerntet haben soll. Der letzte Satz des angeführten Briefes deutet auf den zweiten Haupttheil der Malpighi'schen Anatome plantarum hin; wann derselbe erschienen ist, lässt sich nicht genau bestimmen, da er keine Jahreszahl trägt.

Aus allem Angeführten geht wohl hervor, dass Grew sein erstes Werk selbstständig geschrieben hat. Welchen Einfluss die Malpighi'sche Idea auf ihn gehabt hat, wird sich später zeigen.

Die „Idea“ ist, wie schon oft erwähnt, das, was man heutzutage eine vorläufige Mittheilung nennen würde. Malpighi hatte einen grossen Vorrath von Beobachtungen angesammelt und da er mit Recht, wie sich gezeigt hat, befürchtete, dass ihn die Verarbeitung derselben noch Jahre lang in Anspruch nehmen würde, so drängt es ihn, den Geist dessen, was er sich schon zurecht gelegt, den wissenschaftlichen Autoritäten mitzutheilen, zumal er bei seiner schwachen Gesundheit nicht wusste, ob seine Kräfte zur Vollendung des Werkes noch ausreichen würden. Auch verlangte ihn wohl nach einem Worte der Anerkennung, das ihn zur Weiterarbeit ermuthigen sollte. Den Charakter einer vorläufigen Mittheilung tragen auch die Redewendungen an sich: docebo, demonstrabo u. s. w. sowie die skizzenhafte Behandlung und der Mangel an Thatsachenmaterial. Dennoch ist das Résumé aller Beobachtungen so vorzüglich auf diesen 15 Seiten

gegeben, dass man, ohne das grosse Hauptwerk anzusehen, eine richtige Vorstellung von Malpighi's Anatomie gewinnen kann. Deshalb soll sie auch inhaltlich mit dem Hauptwerk zugleich besprochen werden.

Nun noch ein Blick auf Grew.

4. Grew's „Idea“.

Grew war während dessen nicht müssig gewesen. Wie schon gesagt, wurde seine Arbeit dem Dr. Wilkens, Bischof von Chester, übersandt und dieser nahm die Dedication an in einem Schreiben, das, so anerkennungsvoll es einerseits ist, andererseits den Forscher ermahnt, nicht auf seinen Lorbeeren auszuruhen, sondern eifrig fortzufahren in der Urbarmachung dieses „Gebietes der Philosophie“, das, obgleich von hoher Wichtigkeit, bisher noch ganz brach gelegen habe. Am 11. Mai hatte die Akademie den Druck beschlossen, am 26. Dezember dankte der Bischof in dem obigen Schreiben für die Dedication. Grew erzählt nun selbst, dass alle diese anerkennenden und aufmunternden Urtheile gelehrter Männer ihn zu weiterer Arbeit ermuthigt und er schon begonnen hatte, für das weiterhin zu entwerfende Gesamtbild die Conturen zu zeichnen, als ihn die Nachricht überraschte, dass am 7. December zugleich mit seinem gedruckten ein geschriebenes Werk von Malpighi auf dem Tische der Akademie gelegen. Er hätte nun vielleicht die weitere Arbeit aufgegeben, wenn er nicht durch ein ehrenvolles Schreiben des Bischofs von Chester zum Curator für Pflanzenanatomie an der Royal Society vorgeschlagen und von der Akademie wirklich seine Ernennung erhalten hätte. Nun hätte die Erwägung, dass es keiner Sache schaden könne, wenn sie von zwei Seiten zugleich in Angriff genommen würde, die letzten Scrupel in ihm getilgt und er hätte zunächst seinen Entwurf vollendet und als „Idea of a Philosophical history of Plants“ der Akademie vorgelegt.

Diese Darstellung stimmt jedoch nicht ganz mit der Chronologie. Auf dem Titel der „Idea“ ist nämlich vermerkt,

dass sie am 8. und 15. Juni 1672 in der Akademie vorgelesen worden sei. Wie sollte das also eine Folge der Ernennung gewesen sein, die erst im April desselben Jahres stattfand. Grew gibt jene Darstellung in der Vorrede zur Gesamtausgabe seiner Anatomie und weiss in diesem Jahre nicht mehr oder will nicht mehr wissen, wie er vor 10 Jahren gedacht. Am 8. Januar, also gerade einen Monat nach dem Erscheinen der Malpighi'schen Idea liegt Grew's Idea der Akademie vor. Er hat also, statt sich in seiner Arbeit hemmen zu lassen, vielleicht sich beeilt, jener Ankündigung des italienischen Rivalen auch seinerseits ein Programm gegenüber zu stellen. Hier bringt auch er wenig Thatsächliches; er bezeichnet vielmehr nur die Wege, die er gehen will. Kein Mensch kann ihm aus diesem Verfahren einen Vorwurf machen. Der Zeit nach hatte er die Priorität für sich und durfte unbeirrt fortfahren.

Grossartig ist nun in der That der Rahmen, auf den er die Leinwand für sein künftiges „Gemälde“ spannt. Wenn er anführt, dass er im ersten Theile nur mit dem blossen Auge untersucht und nun das Mikroskop brauchen wolle, so ist das wieder nicht ganz richtig, wie schon aus dem Vorhergehenden erhellt. Aber er hat wohl aus Malpighi's Ankündigung ersehen, wie viel tiefer man noch in das Innere des Pflanzenorganismus einzudringen vermag, als er es gethan. Deshalb will er eigentlich nicht eine Fortsetzung schreiben, sondern seinen Versuch, ein Lehrbuch der physiologischen Botanik zu schreiben, erneuern. Er theilt zu diesem Zweck das Studium der Gewächse in fünf Stufen ein. Die erste Stufe sei die äussere Betrachtung der Pflanzen ohne Rücksicht auf ihre innere Structur. Es kommen hierbei in Betracht die Formen, Verhältnisse, Bewegungen und Lage der einzelnen Pflanzen oder ihrer Theile, sowie der Einfluss der verschiedenen Jahreszeiten und Standorte.

Um aber die Mannigfaltigkeit des Gewächsreichs einheitlich überblicken zu können, sollen zuerst die Eigenthümlichkeiten aufgezählt werden, die einzelnen von ihnen gemeinsam zukommen, damit dann, nachdem ihre Verwandtschaften (affinity) erkannt sind, die Verschiedenheiten (variety) besser erforscht werden können. Dieselben sollen genau er-

kannt werden nach Form und Stellung der einzelnen Theile und daraus ergeben sich dann die Ordnungen (orders) und Grade (degrees) der Verwandtschaft. Man sieht deutlich, dass Grew die vergleichende Morphologie zur Begründung eines natürlichen Systems benutzen will. In Bezug auf die Jahreszeiten sollen die Pflanzen auch untersucht, und die, welche nur im Frühling oder nur im Herbst blühen, denen, die das ganze Jahr hindurch blühen, gegenübergestellt werden. Es soll das Zeitverhältniss zwischen Blüthezeit und Zeit der Fruchtreife festgestellt werden. Aber auch der Einfluss des Standortes dürfe nicht vernachlässigt werden. Land und Wasser, Regionen, Continente sollen daraufhin studirt werden: „So ist es nicht nur die Kenntniss vieler Dinge, sondern die Vereinigung derselben im Geist, welche fruchtbar wirkt für weitere Kenntniss.“ Soviel über die erste Stufe¹⁾.

Als zweite Stufe folge die Anatomie. Für sie müsse erst der philosophische Grund und Standpunkt festgestellt werden. Die innere Structur der Pflanze müsse einen Zweck haben, und dieser könne, sagt Grew, nicht der sein, die Menschen mit Verehrung vor der göttlichen Weisheit zu erfüllen, wie das thörichter Weise geglaubt werden könnte. Sie muss einen Zweck für die Pflanze haben. Und dieser Zweck eben soll erforscht werden. Erst aber müssen wir die innere Structur selbst kennen lernen. Es sollen daselbst Schnitte in allen Richtungen horizontal, schräg und vertical durch Wurzel, Stamm, Aeste, Blätter und Blüthen gelegt werden und wo es nöthig ist, werden zu ihrer Erforschung das Mikroskop zu Hülfe genommen. Hier soll nun auch nach Zahl, Maass, Stellung und Verhältniss der inneren Theile gesucht und die gefundenen Resultate sollen dann wieder verglichen werden, so dass man auch durch Aehnlichkeit und Verschiedenheit der inneren Structur zu einer Charakteristik der Arten und Gattungen gelange und ausserdem Grund lege zur Erkenntniss des Wachstums²⁾. Das dritte Stadium der Forschung sei nun die physiologische Untersuchung. Und zwar erstens werden die in der Pflanze enthaltenen

1) Idea p. 5—8.

2) Idea p. 8—10.

Stoffe auf ihre Natur hin, ihr Verhältniss zu einander und die Wege, die sie in der Pflanze nehmen, untersucht und zweitens wird dieser beobachtenden Methode das Experiment hinzugefügt. Da werden alle chemischen Manipulationen damaliger Zeit als verwendbar aufgeführt, als da sind „Agitation“, „Purification“, „Infusion“, „Digestion“, „Fermentation“, „Decoction“, „Destillation“, „Dirolation“, „Ustion“, „Culmination“ u. s. w. Auch bei den Experimenten wird wieder die Vergleichung betont¹⁾.

Der vierte Schritt²⁾ führt uns noch tiefer in den Organismus. Er lehrt uns die Atome kennen und gibt gewissermassen die Atomistik der Ernährungsphysiologie. Und fünftens endlich muss nun nachgewiesen werden, in welchem Verhältniss die Atome der Organismen zu den Theilchen des anorganischen Stoffes stehen. Es muss zu diesem Zwecke eine Untersuchung von Wasser, Luft, Erde und Sonne vorausgehen, aus der sich dann ergibt, wie aus diesen vier „Medien“ die Pflanze entstehe.

Und dann ist das Problem gelöst.

Grossartiger kann die Botanik nicht umgrenzt werden. Es ist selbstverständlich, dass Grew dies Programm nicht hat ganz ausbauen können. Auch theilt er sein Werk nicht nach diesen fünf Stufen ein, sondern nach den einzelnen Organen der Pflanze. Aber er hat sich damit selbst eine Methode geschaffen, die wir in allen einzelnen Kapiteln wiedererkennen können. An der Ausführung seines Programmes arbeitet noch heute die gesamte Botanik. Bewunderung verdient aber der Mann, in dessen Geist das Bild der Wissenschaft schon gleich anfangs vollendet stand, als er den ersten Grundstein zu ihrem Fundamente legte. Ueber die lange Auseinandersetzung seiner Methode dürfen wir uns um so weniger wundern, als auch der Reformator der Botanik in unserem Jahrhundert sein Lehrbuch mit einer derartigen methodischen Einleitung beginnt.

1) Idea p. 10—18.

2) Idea p. 18—21.

5. Malpighi's botanisches Hauptwerk.

Von derartigen methodischen Auseinandersetzungen finden wir bei Malpighi nichts. Nach kurzen einleitenden Worten zählt er der Reihe nach seine Befunde auf. Was er über die Rinde, was er über das Holz und über das Mark, was er über Blätter, Blüthen und Früchte und über die Entstehung des Samens weiss, das sagt er mit sachlicher Klarheit und ganz kurz deutet er eine Theorie der Saftcirculation an. Genau in derselben Reihenfolge wie seine *Idea* die einzelnen Punkte nennt, theilt er die Kapitel im ersten Theile seines Hauptwerkes ab und vermag in dem ganzen Werke nichts wesentlich Neues zu sagen, da er in der *Idea* schon Alles mit bewundernswerther Kürze geschildert hat. Aber ein reiches Material an Thatsachen und Beobachtungen bringt das Hauptwerk und fügt im ersten Theil 54 Tafeln hinzu. Nirgends zeigt sich jedoch in diesem Werk die durchdachte Disposition des Stoffes, der systematische Aufbau der neuen Wissenschaft wie bei Grew. Einzelne aneinander gereihte Abhandlungen schliessen sich zu einer Sammlung zusammen. Die Bilder sind, wie Grew's erste Zeichnungen, leicht hingeworfen. Auf einem Querschnitt sind nur wenige Zellen angedeutet und der übrige Raum des Kreises ist oft freigelassen, so dass man auf den ersten Blick eine ganz falsche Vorstellung gewinnt. Kommt es ihm aber darauf an, die Gestalten der Gefässe und Zellen zu zeigen, so zeichnet er sie deutlich. In Wort und Bild zeigt sich der Grundsatz: „Keinen Strich zu viel.“

Der zweite Theil seines Hauptwerkes, für den sich die Zeit seines Erscheinens nicht genau feststellen lässt, enthält eine Nachlese zu den Abhandlungen des ersten Theils. Er bringt eben die „Verarbeitung seines Vorrathes“, wie sich Oldenburg ausdrückt.

Die physiologischen Bemerkungen werden von Malpighi nur als Vermuthungen am Ende der einzelnen Kapitel ausgesprochen. Der zweite Theil des Werkes ist reicher an solchen Hypothesen als der erste. Interessant ist es, dass man

beim aufmerksamsten Durchlesen des ganzen Werkes keinen Widerspruch mit der „Idea“ findet. Der darf in Wahrheit als das Muster eines Beobachters hingestellt werden, der die Feder nicht ansetzt, als bis er über alle Punkte zur Klarheit gelangt ist und in sieben Jahren keine Veranlassung findet, seine Ansicht zu ändern oder sich selbst zu widerrufen.

Die einzelnen zu besprechenden Abhandlungen sind nun folgende:

Pars I.

- 1) Idea,
- 2) de cortice,
- 3) de partibus caulem vel caudicem componentibus,
- 4) de caudices augmento et modis,
- 5) de gemmis,
- 6) de foliis,
- 7) de floribus,
- 8) de seminum generatione,
- 9) de uterorum augmento et ipsorum succedente forma,
- 10) de secundinis et contento plantarum foetu.

Pars II.

- 11) de seminum vegetatione,
- 12) de gallis,
- 13) de plantarum tumoribus et excrescentiis,
- 14) de pilis et spinis,
- 15) de capreolis et consimilibus plantarum vinculis,
- 16) de plantis quae in aliis vegetant,
- 17) de radicibus plantarum.

Aber nicht in dieser Reihenfolge sollen die einzelnen Arbeiten besprochen werden. Es soll vielmehr versucht werden, das wichtigste aus allen diesen Schriften zu sammeln unter den drei Rubriken: Anatomie, Physiologie und Entwicklungsgeschichte, und so ein einheitliches Bild zu entwerfen.

Anatomie.

Malpighi beginnt seine anatomische Forschung mit der Untersuchung der „Rinde“. Was er unter „Rinde“ versteht, mag zunächst an einigen Beispielen klargelegt werden.

Portulaca mag zunächst erwähnt sein, da gerade bei diesem Beispiel die Vorzüge und Schwächen der Malpighischen Beobachtungsweise recht deutlich hervortreten. Einen Oberflächenschnitt eines Portulaca-Stengels beschreibt er folgendermassen¹⁾: „Bei Portulaca ist die Rinde dicker (als bei Mais) und ihre äussere Oberfläche, die mit einer Epidermis überzogen ist, zeigt ein Netzwerk von Fasern, dessen Zwischenräume von kleinen Schläuchen eingenommen werden, welche von einem durchsichtigen Saft erfüllt sind.“ So Malpighi. Um nun zu ermitteln, was Malpighi unter dem Netzwerke von Fasern und unter den kleinen Schläuchen versteht, ist es erforderlich die in Rede stehende Abbildung²⁾ zunächst eingehender zu betrachten.

Sie stellt gestreckte, an den Enden beiderseits zugespitzte Zellen dar, welche von Querbalken durchsetzt erscheinen. Wenn man dieses Malpighi'sche Bild mit einem Portulaca-Präparat unter dem Mikroskop vergleicht, so stellt sich leicht heraus, was Malpighi gesehen hat. Er hat nämlich, einen Oberflächenschnitt von oben betrachtet und die Epidermiszellen mit der darunter liegenden Schicht kleinerer Zellen zusammen als ein Bild aufgefasst. Die kleineren Zellen der unteren Schicht mussten ihm dann als in die grösseren darüber gelegenen Epidermiszellen eingefügt erscheinen. Die Wände sämtlicher Zellen hielt er nun für Fasern und kam dadurch zu der Vorstellung, dass hier ein Fasernetz vorhanden sei. Eine derartige Verwechslung der Begriffe war bei der Unvollkommenheit der damaligen mikroskopischen Hilfsmittel wohl möglich. Das Bild des Oberflächenschnittes wird nun durch eine recht gute Querschnittsansicht ergänzt³⁾ Dieselbe zeigt deutlich eine Epidermis,

1) An. pl. P. I, p. 1.

2) An. pl. P. I, Tab. I, fig. 2.

3) An. pl. P. I, Tab. I, fig. 2.

dann eine dicke parenchymatische Schicht und endlich die im Kreise gestellten Gefässbündel. Die Epidermis und alles was zwischen Epidermis und Gefässbündeln liegt, wird nun als „Rinde“ bezeichnet und zwar wird gemäss der irrigen, aus dem falsch interpretirten Oberflächenschnitt gewonnenen Ansicht behauptet, dass die Rinde aus Parenchym bestehe, welches von einem Netzwerk von Fasern umgeben sei. Aus diesen beiden soeben constatirten Bestandtheilen nun, aus „Fasern“ und „Zellen“, soll die Rinde aller Gewächse nach Malpighi bestehen.

Als ein weiteres Beispiel mag *Quercus* herangezogen werden. Und zwar wird gerade dieses Beispiel gewählt, weil hier der Vergleich mit einer neuerdings publicirten Abbildung¹⁾ leicht möglich ist. Malpighi bildet ein herausgeschnittenes Stück Eichenrinde derart perspektivisch ab, dass es dem Beschauer die radiale Längsansicht zuwendet, während die tangentiale Ansicht in der Verkürzung erscheint. Das stark schematisirte Bild²⁾ ist leicht zu deuten. In horizontaler Linie sieht man auf dem Radialschnitt die Markstrahlen verlaufen, während sie auf der Tangential-Ansicht als je eine vertikale Zellenreihe eingetragen sind. Vertikal sieht man die Fasern des Bastes verlaufen und dazwischen erscheinen grössere Gruppen von Steinzellen. Er selbst beschreibt sein Bild folgendermassen³⁾: „Unter der Oberfläche liegt ein Netz von Fasern, welche, in der Längsrichtung verlaufend, stellenweise mit einander in Verbindung treten und Zwischenräume lassen, welche von horizontal gegen das Holz zu verlaufenden Zellenreihen eingenommen werden. Es sind mehrere Schichten solcher Fasernetze vorhanden, die einander gegenseitig umschliessen und zwischen denen eine netzförmige Verbindung besteht.“ Malpighi schildert nun des weitern, dass zwischen Epidermis und Holz eine unzählige Menge solcher Cylindermäntel gelegen seien, welche einander alle wie Häute umschlössen. Immer seien die Zwischenräume von Markstrahlen (*utricolorum series*) durchsetzt. Die Stein-

1) Chr. Lürssen, Handbuch d. syst. Bot., Bd. II, p. 499.

2) An. pl. P. I, Tab. III, fig. 8.

3) An. pl. P. I, p. 3.

zellen, die er als Paquete rundlicher Zellen abbildet, beschreibt er als solide Körper, fast von Würfelgestalt, von beinahe knöcherner Consistenz aus Zellenreihen zusammengesetzt.

Da nun Malpighi z. B. dies im Allgemeinen richtig erkannte Bild der Eichenrinde mit dem ganz falsch interpretirten Bilde der *Portulaca*-Epidermis übereinstimmend findet, so glaubt er annehmen zu dürfen, dass alle Pflanzen eine aus Fasern und Zellen bestehende Rinde besitzen. Indem er dies nun noch an sehr vielen Beispielen zu zeigen sucht, verfällt er bei *Zea Mais*¹⁾ in denselben Fehler, wie bei *Portulaca*, die Zellwände für Fasern, die Lumina für Zellen zu halten, während er in andern Fällen recht gelungene Bilder liefert. Ueberhaupt kann es nicht genug anerkannt werden, dass Malpighi mit seinen unvollkommenen Instrumenten im wesentlichen die Bestandtheile der Rinde dicotyler Bäume richtig erkannt hat und z. B. bei der Eichenrinde alles das, was die neuesten Darstellungen derselben zeigen, damals schon, wenn auch unvollkommen und schematisirt abgebildet hat.

Mit den Vorstellungen nun, die sich Malpighi bei seinem Studium der Rinde gebildet hat, geht er an die Untersuchung des Holzes. Um seine Terminologie kennen zu lernen, mag wieder aus den zahlreichen Beispielen, welche er giebt, eines herausgegriffen werden. *Zea Mais* mag dazu dienen, da die typischen Gefässbündel dieser Pflanze von Malpighi recht gut erkannt worden sind. Auf dem Querschnittsbilde, welches er bietet²⁾, ist die Epidermis weggelassen. Malpighi zeigt die Gefässbündel am Rande des Querschnittsbündels in zwei regelmässigen Reihen geordnet, nach der Mitte des Bildes zu dagegen unregelmässig verstreut, im Allgemeinen recht naturgetreu. Jedes einzelne Gefässbündel deutet er durch eine unregelmässige Kurve an, in welche er drei oder vier Kreise einzeichnet. Was dieselben zu bedeuten haben, erhellt aus der danebenstehenden Abbildung eines einzelnen Gefässbündels. Dieses einzelne stark vergrösserte Ge-

1) An. pl. P. I, Tab. I, fig. 1.

2) An. pl. P. I, Tab. IV, fig. 15.

fässbündel ist plastisch gezeichnet, so dass man sowohl die Seitenansicht, als auch die Oberansicht betrachten kann. Umgeben ist es von einer Schicht Zellen, in welchen man sofort die Schutzscheide erkennt. Malpighi bezeichnet sie als „Holzfasern“: Der obere Querschnitt zeigt in typischer Anordnung vier Kreise, von denen zwei die grossen netzförmig verdickten Gefässe, der dritte den Siebtheil darstellen; der vierte Kreis deutet den in Mais-Gefässbündeln so in die Augen fallenden Intercellulargang an, und es zeugt von der scharfen Beobachtungsgabe Malpighi's, dass er die in demselben enthaltenen Gefässreste sowie die angrenzenden kleineren Gefässe vielfach durch kleine Kreise andeutet.

Von den Stengeln der krautigen Gewächse, so fährt nun Malpighi fort, wolle er übergehen zu den Stämmen der Bäume. Mit *Vitis* den Anfang machend, gibt er an, dass nach Entfernung der Rinde sich ein engmaschiges Netz aus Faserbündeln darstelle. Die einzelnen Fasern setzen sich nach Malpighi aus kleinen, gleichsam wurmförmigen Röhren zusammen, die sich mit ihren Oeffnungen gegenseitig berühren; sie sollen aus einer dünnen Membran bestehen und durch die Länge des Holzes verlaufen. Es können hiermit nur die Holzfasern gemeint sein. Die Zwischenräume werden nach Malpighi wieder von transversal verlaufenden Zellenreihen eingenommen, unter denen natürlich die Markstrahlen zu verstehen sind. Malpighi sagt, dass man sie am deutlichsten sehen könne, wenn man einen Zweig oder einen Stamm quer durchschneide. Er erläutert dies durch eine recht instructive Abbildung. Er bildet nämlich einen sector aus einem Stammquerschnitt ab. Rechts und links ist derselbe von je einem Markstrahl begrenzt. Deutlich erkennt man die grossen Gefässe im Holztheil. Mit den kleineren Gefässen, welche Malpighi andeutet, können nur Holzfasern gemeint sein, da bei *Vitis* nur grosse Gefässe vorkommen. Den Basttheil lässt Malpighi auf dieser Abbildung ganz weg, da die Rinde ja schon an anderen Orten besonders abgehandelt worden ist. Bezug nehmend auf diese Abbildung vergleicht Malpighi die Markstrahlen passend mit den

1) An. pl. P. I, Tab. V, fig. 19.

Speichen eines Rades und gibt an, dass dieselben wie Radien von der Rinde als der Peripherie aus nach dem Mark als dem Centrum verlaufe. „Nicht alle jedoch“, so fährt Malpighi fort, „erreichen das Mark, sondern häufig pflegt ein kleiner Markstrahl gegen das innere Holz hin zu obliteriren.“ Einen solchen secundären Markstrahl bildet er auch ab.

Das Querschnittsbild sucht Malpighi nun wieder zu vervollständigen durch die Darstellung eines Längsschnittes, auf der er Gefässe, Holzfasern und Markstrahlen deutlich erkennen lässt.

Auch das Coniferenholz¹⁾ ist in Malpighi's Werk abgebildet bei Gelegenheit der Besprechung des Tannen- und Cypressen-Holzes. Unverkennbar bildet er die Tracheiden ab, deren Tüpfel er allerdings als Anschwellungen auffasst. Er beschreibt sie folgendermassen: „Das unter der Rinde verlaufende Holz ist aus zierlichen Röhren zusammengesetzt, welche, wie ich glaube, Gefässe (tracheae) sind. Aus silbernen Blättchen bestehend, tragen sie rundliche Anschwellungen.“

Zahlreiche andere Beispiele, die alle hier aufzuzählen zu weit führen würden, beweisen ebenso, wie die in grosser Anzahl vorhandenen, in hohem Grade beachtenswerthen Abbildungen, wie tief Malpighi in die anatomischen Details eingedrungen ist, und eine wie richtige Vorstellung er von den wesentlichen Bestandtheilen des Holzes hatte. Wenn man sich dabei wieder der Unvollkommenheit des damaligen Mikroskops³⁾ erinnert, so wird man diesem scharfsinnigen Beobachter die höchste Anerkennung nicht versagen können.

Besonders eingehend werden die Spiralgefässe geschildert: „Argentea namque lamina in spiram contorta fistulam perpetuo patentem excitat et squamatim contexta tubos et vesiculas, persimiles insectorum pulmonibus, varie componit.“

Und, fährt⁴⁾ Malpighi fort, wie bei den Wirbelthieren⁵⁾ die Tracheen aus knorpeligen Ringen und dazwischen eingeschalteten Bändern und Muskeln derartig zusammengesetzt seien, dass sie sich beliebig zusammenziehen und aus-

1) An. pl. P. I, Tab. VI, fig. 25.

2) An. pl. P. I, p. 3.

3) Vgl. die Einleitung dieser Abhandlung.

4) l. c. Zeile 26—38 v. ob.

5) Blutthiere des Aristoteles.

dehnen können, so sei eine ähnliche Einrichtung auch in den Tracheen der Pflanzen zu erblicken. Nur sei hier an Stelle der einzelnen Ringe ein elastisches Spiralband getreten, das den Krümmungen der Bäume und den Bewegungen der eingeschlossenen Luft nachzugeben im Stande sei.

Auch schon in der *Idea* spricht er sich über die Spiralgefäße aus und zwar wie folgt¹⁾: Er erwähnt zunächst, dass die Spiralgefäße zwar nicht immer dieselbe Form zeigten, dass sie aber meist die Gestalt einer Faser hätten, welche dadurch, dass sie ab und zu eingeschnürt sei, das Ansehen habe von „*orbiculi invicem hiantes*“. Interdum tamen — so fährt er fort — *utriculi, diversis angulis pollentes, continuatam canalem efformant; quandoque ovales sacculi lenes et lucidi, altero etiam fine impervii, quales in pulmonibus insectorum observare est, deprehenduntur et frequentur plures vesicularum, se invicem angustantium, ordines eodem ligni quasi tubo contenti spirales fistulas efficiunt.*

Dieser Vergleich zwischen den Spiralgefäßen der Pflanzen und den Lungen der Thiere wird jedoch für Malpighi verhängnissvoll, da er hierdurch den Grund zu der irrthümlichen Annahme von einer „peristaltischen Bewegung“ in den Pflanzentracheen legte. Er behauptet z. B.: Bei Kräutern und wenigen Bäumen zeige sich im Winter namentlich ein gar prächtiges Schauspiel, wenn aus einem noch grünen, verletzten Zweige einige Tracheentheile zerfetzt heraushingen. Denn dieselben behielten ihre sosuzagen peristaltische Bewegung lange Zeit hindurch. Daher liesse sich, so fährt er fort, auch leicht eine Erklärung für die bei den Mimosen beobachtete Bewegung gewinnen“²⁾.

Dass diese Gefäße sich aus der Wurzel auch in den Stamm und in die Blätter fortsetzen, erwähnt Malpighi schon bei Besprechung des Holzes³⁾. Bei der ausführlichen Besprechung der Blätter⁴⁾ sagt er geradezu: man könne die Blätter⁵⁾ als *elongati et laciniati trunci appendices* ansehen

1) *Idea* p. 3, Zeile 32 v. ob.

2) *Idea* p. 3, Zeile 46 v. ob. bis p. 4, Zeile 6 v. ob.

3) *Anat. pl. pars I*, p. 14, Zeile 35—38 v. o.

4) *l. c. de fol.* p. 32—39.

5) *l. c.* p. 38 oben.

und dass es daher nicht zu verwundern sei, dass die Blätter aus ganz denselben Bestandtheilen zusammengesetzt seien als der Stamm, nämlich aus Holzfasern und Tracheen. Die Holzfasern bildeten nämlich, in ein Bündel zusammengefasst, den Blattstiel (petiolus) und indem sie sich dann aus ihrem gegenseitigen Verbande loslösten und ausbreiteten, erzeugten sie das Blatt.

Auch in den Blüthen¹⁾ kennt Malpighi „Holzfasern“, welche eine Trachee umschliessen.

Auch das Mark ist dem Malpighi bekannt und er gibt an, dass es aus lauter sacculi zusammengesetzt sei.

Auch Milchsaft-Gefässe und Harzgänge kennt Malpighi.

Er schreibt darüber²⁾, er habe in der Rinde des Feigenbaumes und der Cypresse eine besondere Art von Gefässen gesehen, welche bisweilen die Mitte der Rinde einnehmen und welche einen Milchsaft ausschieden. An einer andern Stelle³⁾ berührt er denselben Gegenstand nur flüchtig, indem er von einem „nahrhaften Saft“ spricht, welchen *Cypressus* und *Pinus abies* in Form von Oel, *Ficus Cichorie* u. a. in Form von Milch aussondern.

Fassen wir sonach Malpighi's Ansichten nochmals zusammen, so sagen wir mit ihm, die Pflanze besteht aus einem System von Röhren, welche unten in der Wurzel zu feinsten Zweiglein auseinandergebreitet sind, im Stengel zu einem geschlossenen Hohlcyylinder zusammengefasst werden und in den Zweigen und in den Rippen der Blätter sich wieder zu einzelnen Röhrlein auseinander lösen. Ihre Zwischenräume sind überall von Zellen von Bausteinen ausgefüllt, welche als Rindenzellen, als Mark oder als Markstrahlen erscheinen.

Wenn wir das anatomische Bild, das uns Malpighi entwirft, mit dem des Grew vergleichen, so finden wir, dass die Gesamtvorstellung beider im Allgemeinen zwar übereinstimmt, dass im Einzelnen jedoch Malpighi viel tiefer

1) l. c. de flor. p. 46, Z. 33—35.

2) Id. p. 2, Z. 42—45 v. o.

3) An. pl. P. I, p. 5, Z. 31—37 v. o.

in die histologischen Details eintritt als der englische Forscher. Nicht nur hat Malpighi einen deutlichen Begriff von den Spiralgefässen, die er sehr wohl von seinen „Holzfäsern“ zu unterscheiden weiss, sondern auch die Zellen sind ihm viel genauer bekannt als Grew, wie man schon aus den Abbildungen sehen kann. Man darf jedoch nicht vergessen, dass Grew in seinem ersten Werk sich absichtlich nicht auf mikroskopische Einzelheiten eingelassen hat.

Wenden wir uns nun zu Malpighi's Physiologie. Wie schon gesagt, wird dieselbe nirgends im Zusammenhange vorgetragen, sondern muss aus Einleitungen und Schlussworten der einzelnen Kapitel zusammengesucht werden. Nur die „Saftcirculation“ ist am Schluss der Idea dargestellt.

Physiologie.

Das ganze Gerüst von „Zellen“, „Gefässen“ und „Röhren“ dient nach Malpighi zur Aufnahme und Verarbeitung des Lebenssaftes (succus). Das „Wie“ dieses Vorganges zu ergründen, ist der Zweck der gelegentlichen Beobachtungen und Versuche Malpighi's. Charakteristisch für seine Studien ist es, dass er sich nicht mit dem blossen Schauen begügt; er zieht das Experiment zu Rathe. Auch steht er ganz selbstständig da. Kein philosophisches System hat ihn von vornherein für sich eingenommen und ihm Schranken gesetzt. Die Vorurtheile, die seine Saftlehre verwirren, sind naturwissenschaftliche oder richtiger gesagt, medicinische; denn sichtbar leitet ihn das Bestreben, immer Parallelen zu ziehen zwischen dem Wesen der drei Naturreiche. Sein Grundsatz ist ja der¹⁾, dass nur die Kenntniss des Einfachen uns das Complicirte verstehen lehren kann, dass dem Studium des menschlichen Körpers eine Beobachtung des pflanzlichen Organismus und diesem wieder die Kenntniss der Structur der Mineralien vorausgehen müsse. Er ist vergleichender Anatom im grossartigsten Sinne.

Die erste Frage, die sich ein Physiolog vorzulegen hat,

1) Idea p. 1.

ist nun wohl die: Woher stammt das Lebendige? Kann es direct aus dem Anorganischen sprossen oder können nur lebende Wesen Lebendes erzeugen? Malpighi beantwortet sich diese Frage durch ein Experiment. Er sagt nämlich¹⁾: „Einige seien darüber im Zweifel, ob alle Vegetation aus Samen oder vielmehr aus Wurzeln und Stecklingen entstünden, oder ob auch die blosse Erde, von keinem Samen befruchtet, Pflanzen hervorbringt. Um diese Frage zu entscheiden, habe er aus der Tiefe herausgegrabene Erde in einem Gefässe verschlossen, über welches er ein vielfältig zusammengelegtes Seidentuch ausbreitete, damit Luft und Wasser freien Zutritt hätten, aber auch die kleinsten Samen, wie der Wind sie mit sich reisse, ausgeschlossen blieben. Hierin sei überhaupt gar keine Pflanze gewachsen.“ Selbstredend ist das Experiment nicht sehr fein und exact ausgeführt; da Malpighi aber die Mikro-Organismen noch nicht kannte, so konnte es für die damalige Zeit als beweiskräftig gelten. Ganz anders schon als die Lehre von der Entstehung eines Lebewesens aus unbelebter Materie muss die Ansicht beurtheilt werden, dass ein Organismus aus dem andern hervorgehen kann, der ihm ähnlich ist. So glaubte man z. B. noch bis in unser Jahrhundert an eine Entstehung der Parasiten aus dem Organismus des Wirthes. Darum kann es uns nicht Wunder nehmen, dass Malpighi für gewisse kleine Pilze an eine derartige Entstehung glaubte. Ist es ihm doch schon hoch anzurechnen, dass er nicht für die Pilze überhaupt eine Urzeugung annahm. Nach Malpighi sollen einige Pilze²⁾ dadurch entstehen, dass der Lebenssaft, durch eindringende Flüssigkeit in neue Gährung versetzt, hervorbricht und zu einem pilzartigen Gebilde erstarrt, an das dann durch den Druck der Luft ein Köpfchen angedrückt wird.

Die weitere Frage ist nun die: Wenn auch eine Pflanze immer von einer Mutterpflanze herkommt, so ernährt sie sich doch jedenfalls aus den anorganischen Stoffen des Bodens. Um nun zu erfahren, welche Stoffe der Pflanze schädlich, welche ihr nützlich sind, schlägt Malpighi wieder den ex-

1) Anatomie pt. II, p. 71.

2) De plantis, quae in aliis vegetant, Anat. II, 52 u. 53.

perimentellen Weg ein. Er gibt bei verschiedenen Versuchen anderen Pflanzen einen anderen Nährboden. Es ist das bekanntlich die Methode, die man noch heute verfolgt, um die Ernährung der Pflanze zu studiren. Malpighi setzte zu diesem Zwecke Pflanzen in Töpfe, deren oberen Theil er mit irgend einem ihm bekannten Stoffe anfüllte. So verwendet er der Reihe nach „sulphurum“, „sal marinum“, „armeniacum“, „calx viva aqua soluta“, „vinum“, „spiritus vini“ und was dergleichen mehr ihm in die Hände fiel. Dass bei zahlreichen derartigen Versuchen doch kein nennenswerther Erfolg sich ergab, lag an der mangelhaften Ausbildung der damaligen Chemie, nicht an Malpighi. Der Pflanzenphysiolog kann nicht mehr thun, als die Errungenschaften der Physik und Chemie in Einklang zu bringen suchen mit den Erscheinungen des Lebens. Fehlen ihm die Hilfswissenschaften, so bleibt jenes Werk unvollkommen.

Auch die Frage, ob Pflanzen unter Wasser existiren können, wird erörtert und zwar durch ein Experiment. Bohnen und andere Samen werden in Wasser gelegt, dessen Oberfläche durch eine Oelschicht gegen die Luft abgeschlossen wird. Der Versuch hatte jedoch ein negatives Resultat.

Trotzdem also Malpighi den richtigen Weg zur Erforschung des „Lebenssaftes“ einschlug, konnte er doch zu keinem befriedigenden Resultat gelangen. Verfolgen wir nun mit ihm den Weg, den der Nahrungssaft im Pflanzenkörper nimmt.

„Er dringe, sagt er, in die Wurzel ein und von da in die eigentlich saftleitenden Organe des Malpighi, in die Bast- und Holzfasern¹⁾, worunter Malpighi hauptsächlich Bastfasern versteht und Alles, was heute als Parenchym bezeichnet wird. In ihnen steigt er zur Höhe. Die mechanischen Ursachen dieses Vorganges deutet er nur an, indem er ihre genauere Auseinandersetzung einem „scharfsinnigeren Mechaniker“ überlässt. Interessant ist es, dass Malpighi sich das Steigen des Saftes als ein stufenweises²⁾ vorstellt.

1) Anat. pars. II 65.

2) Die Bast- und Holzfasern sind nach Malpighi als die eigentlich saftleitenden Organe anzusehen, während die Gefässe als

Die Holzgefäße bestehen nach ihm aus einzelnen quadratischen Körpern, deren Oeffnungen sich berühren. Die Grenze zwischen zwei solchen Körpern bilde immer einen Ruhepunkt für den aufsteigenden Saftstrom. Und so klimme derselbe „gleichsam wie an einer Strickleiter bis in die höchsten Gipfel empor“¹⁾. Als Ursache für diese Bewegung wird auf die schwankende Temperatur der Tag- und Nachtstunden und auf die Elasticität der Membranen hingewiesen. Der Weg, den der „Saft“ nimmt, ist dem Malpighi klar. Er geht, sagt er, nach den Blättern²⁾, um sich dort einer chemischen Umwandlung zu unterziehen. Eigenthümlicher Weise schöpft Malpighi die Vermuthung, dass die Blätter eine wichtige Arbeit im Ernährungsprozess verrichten, zuerst aus der Fülle der Blätter. Unterstützt wurde Malpighi's Ahnung durch die anatomische Untersuchung, da alle „Röhren“, aus denen nach ihm der Organismus der Gewächse besteht³⁾, ja in die Blätter münden und sich dort ausbreiten⁴⁾.

Bewiesen wurde aber seine Hypothese durch ein Experiment⁵⁾. Er trennte von Keimpflanzen die Cotyledonen ab und beobachtete, dass dann die Pflänzchen ausnahmslos zu Grunde gingen. Wenn sonach Malpighi annahm, dass der Nährstoff durch das „Röhrensystem“ des Stengels zu den Blättern hinaufgeleitet und hier einem wichtigen Umwandlungsprozess unterworfen werde, war er doch weit entfernt, im Blattgrün die eigentliche Ursache dieser chemischen Umwandlung zu suchen. Dem Parenchym des Blattes schreibt er nun ganz besonders dieselbe Umwandlungskraft zu, welche

Tracheen bezeichnet werden und nach Malp. eine den Lungen ähnliche Funktion ausüben, die Tarluskopuszellen dagegen Abflusskanäle derselben, finden in den „Fasern“ (fils fiberano fasciculi) aufsteigenden Saft.

1) Vgl. über Malpighi's Saftcirculations-Theorie namentlich: *Idea Anat.* pars I, p. 5, 16, 17, 20, 38, 39, pars II, 65—73.

2) *Idea* p. 14, Zeile 18—35 v. o., *Anat. pl.* I, p. 38.

3) Unter „Röhren“ werden Zellen (sacculi), Gefäße (vasa) und (lignu libri) zusammengefasst.

4) *Anat. pl.* pars I, p. 14, Zeile 35—38.

5) II p. 14 de seminum vegetatione u. *Idea* p. 14, Zeile 11—17.

jedes Parenchym in gewissem Grade besitzen soll. So wird erwähnt, dass im Rindenparenchym ganz ähnliche Umwandlungen mit dem Saft vorgenommen werden. Auch geht nach Malpighi's Ansicht nicht aller Nährstoff nach den Blättern. Er tritt auch in das Mark ein, wo er ebenfalls chemisch umgearbeitet werden soll um dann aufbewahrt zu werden. Diesem Ernährungssystem gegenüber stellt nun Malpighi eine Anzahl von Athmungsaggregaten. Es sind dies die Tracheen oder Spiralgefässe. Sie gelten ihm als Lungen der Pflanzen. Namentlich wird er zu dieser Ansicht verleitet durch die Tracheen der Insecten. Bei der Luft-circulationslehre¹⁾ ist nun natürlich die erste Frage: Woher kommt die Luft? „Lange“, so sagt Malpighi, „habe er gesucht, ob in der Rinde oder den Blättern sich der Luft Oeffnungen darbieten und niemals habe er solche gefunden.“ Diesem scharfsichtigen Beobachter entgingen die Spaltöffnungen! Er nimmt daher an, dass auch die Luft aus der Erde durch die Wurzel aufgenommen werde und in den Tracheen aufsteige. „Wie nun²⁾, so fährt er fort, bei Menschen und höheren Thieren die Menge des Blutes nach den Lungen ströme, um die ihm entrissenen Theile der Luft wieder aufzunehmen, wie dies im Wasser die Kieme der Fische leisten und wie bei den Insekten nicht die ganze Menge des Blutes nach den Lungen fliesse, sondern umgekehrt die Lungen nach Art von Gefässen durch den ganzen Körper verstreut seien, so dass die einzelnen Theile des Körpers aus den Lungen Luft, aus den Aterien Blut erhalten können, so können wir von den Aterien der Pflanzen vermuthen, dass entweder von den Tracheen ganz winzige Ausläufer in den Holzkörper entsendet werden oder wahrscheinlicher, dass die Holzfasern oder die Reifen horizontaler Zellen den von den Tracheen ausgeschiedenen „Hauch“ für die Respiration empfangen, da ja die Holzfasern wie Epheu die Tracheen umgäben³⁾. Es ist also hier ein Kreislauf des Saftes mit ausdrücklicher Beziehung auf die Blutcirculation im Thierkörper behauptet. Es ist ja auch so natürlich, dass Harwey's Entdeckung damals alle Gemüther

1) p. 15, Zeile 32 v. o. ff.

2) ib. (p. 15 An. pl. I), Zeile 32 u. 48 v. o.

3) l. c.

in Anspruch nahm. Auch bis in die neuere Zeit hinein haben sich derartige Ideen erhalten. (Grossen Ruhm erntete z. B. noch im Jahre 1841 C. H. Schulz mit seiner von der Pariser Akademie gekrönten Preisschrift¹⁾, welche ähnliche Ideen vortrug. Schulz bezeichnet darin die Milchsaftgefässe als diejenigen Organe, welche den assimilirten Nährsaft der Pflanze führen). Ganz ähnlich nennt Malpighi ausser den Holzgefässen noch ein *vas proprium* als Leiter der gereinigten Nahrung. Diese *vasa propria* oder *peculiariora*, welche Malpighi in einigen Gewächsen beobachtet haben will und theoretisch dann in alle Pflanzen, auch wo er sie nicht sieht, hineinconstruirt, sind eine Art reich verzweigter, Gummi und Milch führender Gefässe. Namentlich durch ihre reiche Verzweigung sollen sie sich auszeichnen und ganz besonders zur Vertheilung des Nährstoffes qualificirt sein.

Entwicklungsgeschichte.

Nicht minder interessant als die physiologischen sind die entwicklungsgeschichtlichen Studien Malpighi's. Sie sind im wesentlichen enthalten in den sechs letzten Kapiteln des ersten Buches, während sich die 4 ersten Kapitel dieses Buches rein mit den anatomischen Verhältnissen beschäftigen. Der Gang der Untersuchung der Entwicklung des Samens wird hier jedoch öfter unterbrochen durch längeres Verweilen bei den äusserlichen, morphologischen Verhältnissen und gleichsam als Episoden schliessen sich die Kapitel über die Knospen, Blätter- und Blüthenformen in die Schilderung ein. Aus der mannigfachen Fülle dieser letzteren, an interessanten Einzelheiten reichen Aufsätze kann natürlich nur einiges hervorgehoben werden. Die äusseren Formen der Blüthen z. B. geben dem Forscher unwillkürlich Veranlassung, einige der am meisten in die Augen fallenden natürlichen Pflanzengruppen abzugrenzen. Da finden sich z. B. *Compositae*²⁾,

1) C. H. Schulz, *Mémoires prés à l'acad. de France*, VII, 1841 p. 1 etc. — *Die Natur der lebendigen Pflanze. — Die Cyclose des Lebenssaftes in der Pflanze*, *Nova acta A. N. C.* XVIII, p. II, 1841 u. a. a. O.

2) *Anat. pl.* I p. 45.

Papilionaceae¹⁾, Galeatae²⁾ u. s. w. Ueber die Compositenblüthe, die ihm ebenso wie dem Grew bekannt ist, sagt er³⁾: „Die Natur spielt nun wiederum gemäss ihrer gewohnten Freigebigkeit, indem sie eine Blüthe aus zahlreichen Blüthchen derart zusammensetzt, dass es einen erfreulichen Anblick gewährt. Es werden dann als Beispiel angeführt „Bellis“⁴⁾, „Cyanus“⁵⁾ und „Helioscopium“⁶⁾.

Auf eine treffende Abbildung und Beschreibung der Feigenblüthe sei noch hingewiesen⁷⁾. Ueberhaupt sind die Abbildungen alle im hohen Masse des Ansehens werth. Die morphologischen Bestandtheile der Blüthe: Kelch, Krone u. s. w. sind ihm bekannt. Zahlreich und sorgfältig sind seine Untersuchungen über Form und Entwicklung der Blätter, soweit sie mit blossem Auge angestellt werden können.

Dagegen ist ihm die physiologische Bedeutung der Blüthe unklar. Kelch, Blütenblätter und Staubgefässe scheinen ihm nur vorhanden zu sein zum Schutze des Fruchtknotens. Natürlich kann ihm bei Betrachtung der Stamina der Pollen nicht entgehen. Er bezeichnet ihn als globulosa corpora und schreibt ihm eine Rolle im Geschlechtsprozesse zu. Jedoch die befruchtende Wirkung desselben ist ihm unbekannt. Er hält ihn daher für ein Ausscheidungsprodukt, das der geschlechtlichen Entwicklung vorangehen müsse, um den „Saft“ zu reinigen.

Ueber die Entwicklung des Samens sagt er ungefähr folgendes⁸⁾: Wenn die Blütenblätter und die Staubgefässe abgefallen sind, beginnt der Fruchtknoten zu schwellen, der als uterus bezeichnet wird. Die Vorgänge, welche sich in seinem Innern abspielen, werden an verschiedenen Beispielen dargethan, von denen hier *Prunus amygdalus* erwähnt sein soll, da an diesem Beispiel die Feinheit der Malpighi'schen Beobachtung in helles Licht tritt. Im Fruchtknoten, so schildert unser Anatom, findet sich eine Höhlung (cavitas), in welcher verschiedene Behälter (vesiculae seu secundinae)

1) l. c. I p. 43.

2) l. c.

3) l. c. I p. 45, Zeile 7 v. o.

4) l. c. I, p. 43, Tab. 27, § 156.

5) Tab. 27, fig. 153.

6) Tab. 27, fig. 154.

7) Tab. 27, fig. 155.

8) An. pl. P. I, p. 57—63.

angetroffen werden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass Malpighi unter diesen „Behältern“ die Samenknospen versteht, wie dies namentlich aus der Abbildung¹⁾ hervorgeht. Später, so sagt Malpighi, findet man nur noch eine grosse Samenknospe (*vesicula*), die inwendig von Zellen erfüllt ist und nach einiger Zeit von einem Gefäss (*vasculum*) der Länge nach durchzogen wird. An dem einen Ende desselben zeigt sich nun nach Malpighi später ein „*vesiculus colliquamenti seu satius amnii*“.

Nach unserer heutigen Nomenklatur haben wir unter dem *vasculum* und dem *vesiculus colliquamenti* zusammen den Embryosack zu verstehen. Nur bedeutet Malpighi's „*vesiculus*“ den angeschwollenen von Endosperm erfüllten Theil des Embryosackes, während der untere schlauchartig bleibende Theil als „*vasculum*“ bezeichnet wird. In der That habe ich mich an Präparaten von *prunus cerasus*, bei welchem jedenfalls ähnliche Verhältnisse obwalten, wie bei *prunus amygdalus*, überzeugt, dass der untere schmalere Theil des Embryosackes nicht mit Endosperm gefüllt wird.

Da nun Malpighi den Embryosack zunächst vor der beginnenden Endosperm-Bildung beobachtete und ihn als *vasculum* bezeichnete, später aber den oberen, mit Endosperm erfüllten Theil des Embryosackes wahrnahm, so hielt er denselben für ein besonderes Organ und stellte ihn als „*vesiculus colliquamenti*“ dem „*vasculum*“ gegenüber. Des weiteren schildert er ganz richtig das Auftreten des Embryos. Er glaubt jedoch nicht, dass derselbe sich im Embryosack befinde, sondern dass er auf demselben sitze. Auch unterscheidet er nicht scharf genug zwischen Embryosack und Endosperm.

Abgesehen davon aber muss man bewundern, dass es dem Malpighi möglich war mit seinem unvollkommenen Instrumente so richtig die wesentlichen Bestandtheile der Samenknospe zu erkennen und sogar die besondere Eigenthümlichkeit des Embryosackes im Samen von *Prunus amygdalus* zu constatiren. In anderen Samen zeichnet er den Embryosack ohne jenen schlauchförmigen Anhang (*vasculum*).

1) An. pl. p. I, Tab. 37, fig. 231 E.

Ueberhaupt zeigt er die Entwicklung des Samens an sehr zahlreichen Beispielen¹⁾.

Ganz besonders hervorgehoben zu werden verdienen aber Malpighi's Beobachtungen über die Keimung des Samens²⁾. Er bespricht sie in dem Kapitel: *De seminum vegetatione*³⁾. Die Samen als Eier (*ova*) bezeichnend, gibt er zunächst eine Schilderung des Keimungsvorganges bei *cucurbita*⁴⁾. Der Embryo wird geschildert als aus zwei breiten Blättern bestehend, welche an einem kleinen Stengel hängen und eine sehr kleine, aus zusammengefalteten Blättchen bestehende Knospe einschliessen. Selbstredend sind unter den beiden breiten Blättern die Cotyledonen, unter dem kleinen Stengel, das hypocotyle Glied und unter der Knospe der Vegetationspunkt des Embryo zu verstehen. Malpighi hebt hervor, dass die Cotyledonen von Gefässbündeln durchzogen werden und dieselben sich an die Gefässbündel des Hypocotyls ansetzen. Die Entwicklung eines solchen Embryos beobachtete er zwanzig Tage lang. Am Ende des ersten Tages war der Samen angeschwollen. Die „äussere Haut des Samens“ gab, wenn man sie quetschte, Wasser her. Der Embryo war etwas gewachsen. „Die innere Haut“ war sehr weich und liess sich leicht entfernen. Am Ende des zweiten Tages war die äussere Haut sehr weich geworden, die innere geschrumpft und der Embryo, von Malpighi als *plantula* bezeichnet, zeigte sich gewachsen. Nach dem dritten Tage zeigte die äussere Samenhaut eine gelbliche Farbe; die Cotyledonen des Embryo waren gewachsen und liessen äusserlich die Gefässbündel als Hervorragungen erkennen. Das kegelförmige Würzelchen des Embryo war bis dicht vor die Micropyle herangedrungen und ragte schon fast hervor. Auch nach dem vierten Tage war der Embryo noch ganz von den Sa-

1) Als Entdecker des Embryosackes wird Malpighi unter Andern auch erwähnt von Link: *elementa philosophiae Botanicae*.

2) Neuerdings sind die Verdienste Malpighi's auf diesem Gebiete wieder anerkannt worden durch Georg Klebs: *Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung* in Pfeffers *Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen*, Bd. I, Heft 4, p. 536—614.

3) *An. pl.* p. II, p. 1—16.

4) *l. c.* p. I, tab. I.

menhäuten (secundinae) eingeschlossen. Am sechsten Tage ragten schon die Cotyledonen hervor und das Hypocotyl war länger geworden. Die Wurzel erschien ganz rauh. Am neunten Tage erhob sich die Pflanze frei mit ihren beiden Cotyledonen, welche an der Spitze gelb, im übrigen aber grün erschienen. Das Chlorophyll in den Zellen der Blätter hat Malpighi nicht erkannt, er spricht nur davon, dass dieselben von einem grünen Saft erfüllt gewesen seien. Auch das Hypocotyl fing jetzt an zu ergrünen, die Knospe jedoch, wenngleich gewachsen, entfaltete sich noch nicht. Am zwanzigsten Tage erst erschien die Pflanze „vollendet und befestigt“. Eingehend wird nun noch der Verlauf der Gefässbündel in Blättern und Stengel beschrieben. Unter allen weiteren Beispielen, die Malpighi gibt, sei als das gelungenste triticum herausgehoben. Natürlich erkennt Malpighi das Weizenkorn nicht als eine Frucht, sondern er nennt die ganze Achaene einen Samen. Eingehend beschreibt er den Embryo. Das Schildchen nennt er einen Nabelknoten (nodus umbilicalis) und gibt an, dass derselbe dazu diene, dem Embryo (plantula) den Nahrungssaft zuzuführen¹⁾. Er hebt hervor, dass nur ein grosses Keimblatt vorhanden sei und hebt ganz richtig hervor, dass neben der Hauptwurzel zwei Nebenwurzeln hervorragen²⁾. Die Wurzelscheide (coleorrhiza) nennt er placentula und gibt richtig an, dass sie behaart sei³⁾. Vom Stengel sagt Malpighi, dass er ungebogen sei und die Knospe in sich berge. Er meint also mit Stengel (caulis) hier die Cotyledonar-Scheide. Schon nach drei Tagen, so fährt Malpighi fort, zeigt sich die Hauptwurzel stark behaart und zwei neue Nebenwurzeln treten auf, die anfangs klein sind, sich aber bald verlängern. Nach ferneren drei Tagen sind wieder zwei neue Nebenwurzeln aufgetreten, die Cotyledonar-Scheide bildet einen rechten Winkel mit dem Cotyledon, wird allmählich glasig und schliesslich von dem ersten Laubblatt (folium stabile Mal-

1) An. pl. p. II, p. 8, tab. V, fig. 8.

2) Bekanntlich ein häufig vorkommender Fall, vgl. Klebs l. c.

3) Auf diese richtige Angabe Malpighi's macht auch Klebs aufmerksam l. c.

pighis) durchbrochen. Während dessen hat die älteste Wurzel die Pflanze zwischen dem Erdtheilchen innig befestigt. Die Behaarung ist stellenweise so dicht, dass die einzelnen Härchen, welche je aus einer Zellenreihe (utriculorum series) bestehen, miteinander anastomosiren. Das Cotyledon (folium seminale Malpighis) fängt an hinfällig zu werden, bleibt jedoch bis zum eilften Tage an der Pflanze hängen. Während dessen ist der Stengel wenig grösser geworden, da die einzelnen Knoten desselben noch sehr nahe bei einander stehen und sich erst bei späterem Wachsthum von einander entfernen.

Noch viele andere Beobachtungsreihen hat Malpighi mit gleicher Sorgfalt durchgeführt. Besonders sei noch einmal auf die vorzüglichen Abbildungen aufmerksam gemacht.

6. Grew's fernere Werke.

Die noch nicht besprochenen Schriften Grew's fallen grösstentheils in die Zeit zwischen dem Erscheinen der *Idea* und der *pars prior* des Malpighi. Es wurden nämlich der Royal Society vorgelegt:

- 1672/73. Anatomy of Roots with an account of the vegetation of Roots.
- 1674. Anatomy of trunks with an account of the vegetation of trunks und Discourse of Mixture.
- 1675. Discourse of taste chiefly in Plants.
- 1676. Anatomy of Leaves und Anatomy of Flowers und Experiments in consort of the cultivation arising from the effusion of several upon all sorts of bodies.
- 1676/77. Experiments in consorts of solution of salts in water.
- 1677. Anatomy of fruits und Anatomy of Leeds und Discours of the colours of plants.

Also bis zum Jahre 1677 war alles vollendet, was später in der Gesamtausgabe von 1682 in 4 Büchern und einem Anhang zusammengefasst wurde; dieselbe zählt 83 Tafeln und 302 Folio-Seiten.

Um nun noch einmal auf den leidigen Prioritätsstreit zurückzukommen, so ist der Gedanke, Grew habe die Werke des Malpighi unterdrückt, bis seine eigenen erschienen wären, schon in Kapitel 3 zurückgewiesen worden, einmal¹⁾ durch den Nachweis, dass Grew, selbst wenn er es gewollt hätte, gar nicht in der Lage gewesen wäre, eine derartige Macht auszuüben und zweitens²⁾ durch die objective Darlegung des historischen Sachverhaltes. Das lange Zögern Malpighi's, einer dem Inhalte nach schon vollendeten Arbeit die für den Druck nothwendige Form zu geben, erklärt sich leicht sowohl aus Malpighi's³⁾ Kränklichkeit als auch daraus, dass dem grossen Italiener mehr an der Erforschung der Wahrheit gelegen war als an der kleinlichen Eitelkeit, der erste auf seinem Gebiete zu heissen.

Eine zweite Möglichkeit des Verdachtes wäre nun aber die, dass man glauben könnte, Grew habe die Thatsachen, welche Malpighi schon in seiner *Idea* erzählt, ohne den Namen des Autors zu nennen, verwerthet. Aber auch dieser Vorwurf wäre grundlos, da Grew z. B. bei Besprechung der Spiralgefässe die betreffende Stelle aus Malpighi anführt. Auch ist die Auffassungsweise in Wort und Bild bei beiden Forschern zu verschieden, als dass man an ein Abschreiben oder Abzeichnen des einen von dem andern denken könnte. Dass der Text manchmal ganz auffallend entgegengesetzte Resultate zu Tage fördert, wird die folgende Besprechung zeigen; wer sich aber von der Verschiedenheit der Abbildungen überzeugen will, betrachte die Darstellung der Steinzellen, welche beide Forscher geben⁴⁾.

Dass Grew das Manuskript der *Idea* gelesen hat, ist ganz klar, aber damit that er nichts anderes als Malpighi, wenn er sich das Werk des Grew ins Lateinische übersetzen liess — nämlich das einzig Richtige.

Die einzige Beeinflussung, welche Malpighi auf Grew ausgeübt hat, ist daher dieselbe, welche einst die *Lectüre*

1) Vgl. darüber Cap. 3 dieser Abhandlung.

2) Vgl. Malpighi's Buch v. 1. Nov. 1671, op. omn. Appendix p. 13, corpus aegritudine perpetuo fessum.

3) Vgl. Malpighi's erst. Brief an Oldenburg, Cap. 3 ds. Abh.

4) Malpighi I, Tab. 48. Grew Tab. 48, fig. 4.

des Grew'schen Werkes bei Malpighi hervorbrachte. Wenn damals Malpighi schrieb, er wolle das, was einem so sorgfältigen Forscher (wie Grew) entgangen sei, noch einmal prüfen, aus Furcht er könne sich getäuscht haben¹⁾, so suchte Grew mit demselben Recht, seine eigenen Beobachtungen nochmals prüfend, sich von dem zu überzeugen, was Malpighi gesehen und in seiner Idea angedeutet hatte, was seinen Blicken aber bisher entgangen war.

Aber sein weitschauender Geist will sich damit nicht begnügen, einzelne mikroskopische Untersuchungen zu machen. Er will das ganze Gebiet der Botanik umfassen. Während Malpighi entsprechend seiner Zeit thierische und pflanzliche Objecte gleichmässig zum Gegenstande seiner Untersuchung macht, trennt Grew die botanische Mikroskopie von der zoologischen und vereinigt sie dafür mit Chemie, Physik, Physiologie, Morphologie und natürlicher Systematik zu einer wahren Wissenschaft.

Die Universalität seines Geistes verlangt aber auch, dass Alles auf einmal geschaffen wird. Er versenkt sich darum noch mehr als sonst in das Studium der Chemie und Physik. Wenn er in der „Idea“ fordert, der Botaniker müsse erst Erde und Wasser untersuchen, bevor er von dem Einfluss dieser „Elemente“ auf die Pflanze sprechen könne, so bleibt dies für ihn keine Redensart. Er schreibt jene oben genannten Abhandlungen über die Natur des Flüssigen, über Salze und Löslichkeit der Körper, um Geruch, Geschmack und Zusammensetzung der Pflanze zu untersuchen, erforscht er zunächst den Grund der sinnlichen Wahrnehmungen. Um seine Pflanze aus den Atomen des Stoffes entstehen zu lassen, baut er sich selbst erst eine Atomistik auf und, um das zu vermögen, versenkt er sich in die Tiefen der Philosophie. Während aber eine derartige Vielthätigkeit im ersten Buche anziehend wirkt, wird sie in den folgenden Büchern ermüdend. Hier ist wohl ein Einfluss des Malpighi zu suchen. Grew will nun, ähnlich wie der italienische Anatom, ein ungeheures Material zum Belege seiner Ansichten herbeiholen. Er täuscht sich aber darin; denn, um sich eine Meinung zu

1) Vgl ob. p. 43 dieser Abhandlung.

bilden, genügt ihm schon eine einzige Beobachtung. Ist diese Meinung falsch, so wird er sie doch nicht wieder los, wie sehr er die Beobachtungen auch ansammeln mag. Das Anhäufen von Einzelheiten aber wirkt darin, da es doch nicht fördert, nur ermüdend. Getreulich werden z. B. von Grew die fünf Stufen der Erkenntniss, welche seine Idea vorschreibt, in jedem einzelnen Falle durchmessen und wird über schiefe, krumme und spiralig gewundene Wurzeln, über dünne und dicke Stämme mit demselben wissenschaftlichen Ernste und derselben Wichtigkeit verhandelt wie z. B. über den Bau der Spiralgefässe. Dadurch artet die Methode Grew's zur Pedanterie aus.

So lassen denn die folgenden Bücher auch oft die leichte, schwungvolle Darstellung vermissen, welche die Lectüre des ersten Buches so anziehend macht. Was sie an neuen Beobachtungen bringen, ist meist nur Bestätigung der Malpighi'schen Funde. Die neuen darauf begründeten Ansichten haben zum Theil mehr schädlich als nützlich gewirkt.

Und so müssen wir denn das kolossale Werk, welches Grew in sechs Jahren mit Kraft und Genialität aufgebaut hat, wohl bewundern, müssen aber den wissenschaftlichen Werth derselben geringer schätzen, als den der Malpighi'schen Arbeiten.

Anatomie.

Ein Blick auf die Tafeln, welche Grew seinen folgenden Werken angehängt hat, genügt, um den gewaltigen Fortschritt zu bemerken, den die anatomischen Anschauungen des englischen Forschers gemacht haben, seitdem ihm die Arbeiten seines italienischen Rivalen bekannt geworden sind. Um den Vergleich mit Malpighi zu erleichtern, mag aus der grossen Zahl von Abbildungen Grew's die anatomische Darstellung des Stammes von *Vitis* herausgenommen werden, da auch bei Gelegenheit der Besprechung der Arbeiten Malpighi's gerade dies Beispiel gewählt worden ist.

Gegenüber der genialen Skizze Malpighi's erscheint uns die Abbildung Grew's pedantisch schematisirt. Malpighi bildete nur einen Querschnitts-Sektor ab, auf dem er uns den von zwei Markstrahlen eingeschlossenen Holztheil

mit seinen Gefässen und Zellen flüchtig andeutete, Grew stellt gleich einen ganzen Zweig von *Vitis* dar, welcher uns oben einen Querschnitt zeigt, gleichzeitig aber so künstlich zugeschnitten ist, dass er auch tangential und radiale Ansichten bietet. Das Bild nimmt eine ganze Folioseite ein. Die Querschnitts-Ansicht zeigt uns nicht weniger als fünf und zwanzig Sektoren, von denen immer zwei durch je drei Reihen ganz gleichmässiger runder Zellen von einander getrennt sind. Diese Zellenreihen sollen selbstredend die Markstrahlen bedeuten. In jedem Sektor sind fast immer gerade zehn grosse Gefässe in zwei Reihen zu je fünf ganz regelmässig angeordnet. Die Zwischenräume zwischen ihnen sind durch Punkte ausgefüllt. Alle fünf und zwanzig Sektoren laufen auf das Mark zu, welches aus dreizehn regelrechten Kreisen von Zellen besteht. Genau im Centrum des Markes liegt eine einzige Zelle, welche von acht im Kreise gestellten Zellen umgeben ist. Der nächst äussere Kreis von Markzellen enthält sechzehn Zellen u. s. f. Auf den Längsschnitten sind die grossen Gefässe und die Holzfasern durch gerade Striche, die Markstrahlen durch Reihen von Kreisen angedeutet.

Wenn auch nicht auf allen Bildern der Natur in dieser Weise Gewalt angethan ist, so tritt doch überall der Hang zum Schematisiren hervor. Ueberhaupt ist der Totaleindruck der Bilder dagegen oft ein recht typischer und wohl geeignet eine recht richtige Vorstellung zu geben.

Grew kennt jetzt „Gefässe“, „Milchröhren“ und „Fasern“. Dagegen ist seine Auffassung von der Zelle leider getrübt durch einen verhängnissvollen Gedanken, der jetzt ihn zu beherrschen anfängt. Die Zelle soll nämlich aus einzelnen Fasern bestehen. Er bildet dieselben sogar ab¹⁾. Sachs erklärt diesen Irrthum²⁾ durch die Annahme, Grew habe mit stumpfen Messern geschnitten. Jedenfalls ist die vereinzelte Beobachtung solcher zerrissenen Zellenwände für Grew ein willkommenes Argument gewesen für einen theoretischen Lieblingsgedanken. Er suchte jedenfalls ein ein-

1) Tabula XXXVIII, p. 76, 77, 120.

2) Geschichte der Botanik, München 1875, p. 261, Zeile 12—14.

heitliches morphologisches Elementar-Organ. Da er die Zelle als solches noch nicht erkannt hatte (denn die Entstehung der Gefäße aus Zellen ahnte damals noch Niemand), so machte er die „Faser“ dazu. Dass er in sehr vielen Fällen dieselbe nicht sehen konnte, that seiner Theorie ebenso wenig Abbruch, als Malpighi sich gescheut hatte, überall *vasa propria*¹⁾ hinein zu construiren.

Die Faser ist also der morphologische Bestandtheil der aus chemisch verschiedenen Stoffen bestehenden Gefäße nach Grew. Aus den Verschlingungen langer Fäden hat man sich die Zellen des Markes gebildet zu denken. Sie laufen dann horizontal nach der Rinde zu und bilden unterwegs die Markstrahlen an der Peripherie des Rindenparenchym. In vertikaler Richtung, sich rechtwinklig mit ihnen schneidend verlaufen die Fasern der Gefäße. Beide Faserarten verweben sich mit einander und so entsteht das pflanzliche Gewebe; ein Ausdruck der heute noch besteht Merkwürdiger Weise haben sich die drei recht unpassenden Namen: Zelle, Gewebe und Parenchym, die sich an längst verlassene Vorstellungen anknüpfen, bis in unserer Zeit erhalten²⁾).

Alle zelligen Gebilde werden nun von Grew als „parenchymöse Theile“ in Gegensatz zu dem Holztheil und „Gefäßtheil“ gestellt. Es findet sich jetzt der Ausdruck „Vessels“, der im ersten Buch nur selten vorkommt. Und als ganz neu für Grew treten hier die Spiralgefäße auf. Wie schon gesagt, ist aber Malpighi's Autorschaft ausdrücklich anerkannt. Wie Malpighi rechnet Grew auch die Bastfasern zu den Gefäßen und stellt sie als „Sapvessels“ den Spiralgefäßen oder „Tracheen“ gegenüber.

Ueber die Anordnung derselben gibt er uns massenhaftes Beobachtungsmaterial, ohne jedoch zu wirklich werth-

1) Vgl. p. 63 dieser Abhandlung.

2) Es ist überhaupt nicht ganz richtig anzunehmen, dass aus dieser Vorstellung der Ausdruck „Gewebe“ für zellige Structur hervorgegangen ist, wie dies z. B. Sachs (l. c. p. 261) annimmt. Vielmehr findet sich der Ausdruck Texture in ähnlichem Sinne schon bei Hooke und auch Grew redet schon im I. Buch von der *contexture* d. Parenchyms. — Vgl. auch Hooke, Mikrogr. p. 114, Zeile 11—13 v. ob. u. p. 140.

vollen Resultaten zu gelangen. Er gibt wohl an, dass sie in der Wurzel dem Centrum näher rücken oder sich zu band- oder strahlenförmigen Figuren in einander schliessen. Aber ebenso diese Beobachtung wie die richtige Erkenntniss des Unterschiedes in der Bündel-Anordnung gewisser Monocotylen-, wie Dycotylen-Pflanzen verwerthet er nur zu physiologischen Theorien. Die Anziehungskraft der Luft soll die Gefässe nach der Peripherie ziehen, während in der Wurzel ein derartiger Vorgang nicht vor sich gehen kann. Mitunter hindere auch die dickere Rinde des Stammes die Luft an jeder Wirkung.

Das Dickenwachsthum des Stammes geht nach ihm ebenso, wie nach Malpighi von der Peripherie aus. Alt gewordene Saftgefässe werden zu Holz und setzen Ring auf Ring an. Eigenthümlich stellt er sich dagegen das Längenwachsthum der Wurzel vor. Er glaubt, dass allmählich die Spitze der Wurzel abfaule und nun der Stamm nachsinke.

Der Inhalt der Zellen ist noch immer der allmächtige „Lebenssaft“; denn seine mikroskopische Erforschung war selbstverständlich gar nicht möglich bei der Unvollkommenheit der damaligen mikroskopischen Hülfsmittel.

Physiologie.

Auch dem Grew ist es klar, dass die Pflanze ihre Nährstoffe nur aus ihrer Umgebung erhalten kann, aus Wasser, Luft und Erde. Gemäss seiner Consequenz, die er seinem philosophischen Studium verdankt, und gemäss jener wissenschaftlichen Gründlichkeit, zu der ihn sein weiter Blick veranlasst, begnügt er sich nicht damit, zu fragen, wie circuliren die aus diesen Medien gewonnenen Stoffe in der Pflanze und welchen Antheil hat die Umgebung an dem Wachsthum der Pflanze, wie schon Malpighi gethan — nein, er legt sich zunächst die Frage vor: Was sind diese ungebundenen Medien selbst? Und dann die zweite Frage: In welcher Form sind die organischen Bestandtheile der Pflanze in der Erde enthalten und wie wandeln sie sich im Organismus des Körpers um?

Die zweite Frage ist auch von Malpighi berührt worden. Aber derselbe begnügt sich mit einigen Experimenten, ohne diese durch eine grosse Hypothese werthvoll zu machen, denn Versuche können doch nur dann lehrreich werden, wenn man sie um die Richtigkeit oder Falschheit einer Hypothese befragt.

Grew ist daher bestrebt, seine Ansichten von dem Wesen der Materie mit seinen botanischen Kenntnissen zu vereinigen und der Saftcirculationslehre eine atomistische Ernährungstheorie beizugesellen. Diese Theorie wird von J. Sachs nur kurz erwähnt¹⁾ und es wird von ihr gesagt, dass sie sich ganz in der Anschauungsweise der Cartesianischen Corpuscular-Theorie bewege.

Diese Annahme lässt sich jedoch bei näherer Untersuchung der Grew'schen Theorie nicht festhalten. Im Gegentheil geht Grew's Theorie sogar von ganz entgegengesetzten Grundanschauungen aus. Vollkommen unabhängig von Descartes kommt er allerdings zu ähnlichen Schlüssen als dieser „Begründer der Naturwissenschaft“. Das grosse Verdienst der Grew'schen Theorie aber ist das, dass er mit den alten Traditionen brach und im Sinne der fortschreitenden Wissenschaft eine auf rein chemischen und physikalischen Grundlagen errichtete Ernährungs-Theorie gab. Dass er, wie Sachs³⁾ angibt, die Malpighi'sche Theorie im Wesentlichen adoptirt habe, ist dann wohl auch nicht mehr anzunehmen, wenn man sich davon überzeugt hat, dass Grew die Grundlagen seiner Ernährungs-Theorie schon in seinem ersten, unbestreitbar von Malpighi unabhängigen Werke gelegt hat.

Eine Pflanzenseele und dergl. kennt Grew ebenso wenig wie Mariotte⁴⁾. Was unrichtig in seiner Theorie ist, stammt aus den Mängeln der damaligen Chemie, wenigstens zum grössten Theil.

1) Gesch. d. Botanik p. 498.

2) dessen „Atome“ bekanntlich theilbar gedacht wurden. Vgl. Einleitung dieser Abhandlung.

3) l. c.

4) dessen „Theorie“ Sachs ausführt, l. c. p. 499, 50.

Die Materie ist nach Grew anzusehen als zusammengesetzt aus Atomen. Diese Atome sind, wie die wörtliche Uebersetzung des Namens schon sagt, untheilbar. Hier stellt sich also Grew gleich anfangs in Gegensatz zu Descartes¹⁾. Es darf aber nicht übersehen werden, dass der Philosoph die Theile des Stoffes zunächst so betrachtet, wie sie im Anfange der Welt waren, und sie mannigfach zerkleinern und zerstückeln lässt bei der Entwicklung der Welt. Der Botaniker betrachtet den Stoff, wie ihn die Erde nach ihrer Vollendung zum jetzigen Zustande bietet. Was jedoch an Descartes erinnert, ist, dass er seinen Atomen keinerlei anziehende oder abstossende Kräfte zuschreibt. Mit Energie wendet er sich gegen die auf Aristoteles basirte bisher herrschende Anschauung, dass in einer Verbindung von Atomen, welche zusammen die Eigenschaften der „vier Elemente“ repräsentirt, jedes einzelne Atom alle diese vier Eigenschaften repräsentire. Dann sei das Atom ja nichts einfaches. Atome sollen aber die einfachsten Körper sein²⁾. Jede Qualität des Stoffes wird also durch eine bestimmte Art von Atomen repräsentirt, die dann verschieden ist von jeder anderen Art. Ein Atom kann sich niemals in ein andersartiges verwandeln. Es gibt keine Verwandlung. Scheinbare Ueberführung eines Stoffes in einen andern ist nur eine andere Mischung der Atome; denn aus der Zusammensetzung der Atome entstehen die Körper. Setzt man die Atome, welche einen Körper bilden, anders zusammen, so entstehen andere Körper. Und so kommen wir zu dem Schluss: Da alle Vorgänge in der Welt Veränderungen sind, und alle Veränderung nur Mischung ist, so sind alle Vorgänge in der Welt Mischungen. Wir sehen hier den Begriff der chemischen Verbindung rein und klar hervortreten und bemerken, wie Grew dem alten Unsinn der Stoffverwandlung energisch die Spitze bietet. Diese Gedanken finden sich, wie schon erwähnt, auch bei Boyle. Es würde aber um so nutzloser sein, hier wieder einen Prioritätsstreit

1) dessen „Atome“ bekanntlich theilbar gedacht wurden. Vgl. p. 1 Einleitung dieser Abhandlung.

2) Die ausführlichste Darlegung im Discourse of Mixture, An. 221—237.

anzufangen, als Grew, seit ihn seine erste Arbeit berühmt gemacht, den grossen Männern der Royal Society jedenfalls näher getreten ist. Auf einen Ideen-Austausch mit dem grossen Reformator der Chemie lässt die *Anatomy of lawes* schliessen, welche eine Widmung an Robert Boyle enthält und worin Grew sagt: „Bei der Behandlung dieses Gegenstandes haben Sie darauf bestanden, dass ich vergleichsweise einige Beispiele vom Mechanismus der Natur in all ihren anderen Theilen geben sollte.“ Können also die einzelnen Atome chemisch nicht getheilt werden, so können sie es auch physikalisch nicht. Das Zerschneiden eines Körpers ist eine Trennung, nicht eine Theilung seiner Atome.

Es gibt nun verschiedene chemische Verbindungen, die sich unterscheiden erstens durch die Elemente, aus denen sie zusammengesetzt sind, zweitens durch die Art ihres Verbundenseins. Die Verbindung kann in einer Berührung in einem Punkte oder in einer Fläche bestehen, oder sie kann eine Einschachtelung eines Atomes in ein anderes sein. Die Arten können hier alle eines Elementes oder verschiedener Elemente sein. Soweit vorläufig die Ansicht Grew's vom anorganischen Material. Wie bildet sich nun daraus der organische Stoff?

Die grösste Zahl der organischen Stoffe war damals keineswegs auf ihre anorganischen Bestandtheile zurückgeführt. Hier blieb also dem Forscher keine Wahl, als entweder anzunehmen, dass sie durch Umwandlung der Atome des anorganischen Stoffes entstanden. Und das kann Grew prinzipiell nicht. Oder man musste glauben, dass es noch besondere organische „Prinziples“ gibt. Und hierzu sieht sich Grew genöthigt. Dieselben entstehen also nicht aus dem übrigen Stoff, sondern Grew sagt:

Wenn ich gefragt werde: Wie wird aus Wasser, Wein oder Oel? so antworte ich, dass, da überhaupt nicht solcher Stoff ist, sondern dass das Oel und alle anderen vegetabilischen Bestandtheile (*vegetabiles principales*), wenngleich in sehr geringem Verhältnisse in dem Wasser vorhanden und mit ihm *per minima* gemischt sind¹⁾. Und dieses letztere

1) Book III p. 132 § 7.

konnte Grew wohl annehmen, denn nach ihm sind Erde, Wasser, Luft und Licht keine Elemente, sondern mannigfach zusammengesetzte Körper¹⁾. Er erwähnt, dass es ja ganz verschiedene Erde gäbe, als da ist sandiger, lockerer, lehmiger, kothiger Boden u. s. w. Auch Wasser ist ihm kein einfacher Begriff. Es kann vermengt sein mit Urin, Molken, Milch und Tinte (!). In die Luft steigen Dämpfe und Dünste von Pflanzen und Steinen auf. Also müsse auch sie mit fremden Bestandtheilen geschwängert sein. Auch die Sonne müsse erst genau untersucht werden. Ausserdem kämen im Wasser und in der Luft zwei verschiedene Salzarten vor. Ueber den Grad der Lösbarkeit des Salzes in Wasser hat er ja eine Arbeit geschrieben und merkwürdiger Weise das Steigen des Quecksilbers im Barometer auf einen Einfluss seines „Luftsatzes“ zurückgeführt²⁾.

Warum sollten nicht auch die organischen Principales in Erde, Wasser und Luft per minima gemischt sein? Es fragt sich nun blos, woher sie stammen; waren sie von Anfang her vorhanden oder war erst ein Organismus, aus dem sie entstanden sind. Diese Frage beantwortet sich Grew durch folgenden Gedankengang: (Die verschiedene Form der Organe kann sich Grew nicht anders erklären, als dadurch, dass er sie aus verschiedenem Stoff entstanden denkt. Er erkennt also eine innige Beziehung zwischen Stoff und Form an. Er lässt den Lebenssaft anders (chemisch) zusammengesetzt sein, wenn er morphologisch andere Formen hervorbringen soll.)

Die Annahme des letzteren wird uns nicht fördern; denn die Principels würden doch erst dann einen organischen „liquor“ bilden können, wenn sie sich vereinigten. Sie vereinigen sich aber erst im Organismus. Also ist der Organismus entweder eher vorhanden gewesen als alle Principels, oder beide haben zugleich existirt. Jedenfalls ist zur Bildung eines neuen Organismus ein Organismus nothwendig vorhanden. So kommt also Grew schon theoretisch zur Widerlegung der *generatio aequivoca*, wie Malpighi em-

1) Idea p. 22.

2) Experiments in consort upon the volution of salts in water.

pirisch. Wären somit die Vorfragen gelöst, so kann Grew zur Erklärung des Lebensprocesses selbst schreiten. Denselben hält Grew im Sinne der Iatrochemiker für einen chemischen und seine lieb gewordenen Gährungsansichten, die wir schon aus seinem ersten Buche kennen und die dem Gedanken der Zeit entstammen, behält er nach wie vor bei. Unter Gährung aber verstand man, wie wir wissen, einen ziemlich unklaren Vorgang, der durch das Aufeinanderwirken zweier sich entgegen arbeitender Stoffe hervorgerufen wird. Wie aus der Einleitung bekannt, dachte man dabei oft an die Erscheinungen, welche durch einander neutralisirende Säuren oder Alkalien erzeugt werden. Wollte nun Grew zwei derartige Stoffe in der Pflanze nachweisen, so hätte er direct den Weg der Analyse beschreiten müssen. Wir kennen aber seine Ansicht von dem innigen Causalzusammenhang zwischen Stoff und Form. Was ist also für ihn erklärlicher und näher liegend, als der Versuch, den Kampf der beiden feindlichen Stoffe, welche die Gährung und das Leben hervorrufen, schon im anatomischen Bilde ausgedrückt zu finden.

Anatomisch aber hat Grew schon zwei Elemente nachgewiesen, die in jeder Beziehung einander entgegengesetzt sind. Den „Parenchymous“ und den „Lignous Body“. Sind die Zellen des Parenchyms allseitig gleich gedehnt, so sind die Gefäße vorwiegend stark in der Längsrichtung gestreckt. Verlaufen die hypothetischen „Fasern“ der Zellen horizontal, so sind die Fasern der Gefäße vertical gerichtet. Kurz, der Denker geht mit dem Forscher durch, erklärt Zellen und Gefäße für entgegengesetzte Elemente. Und nun geht er frohen Muthes an das Experiment. Er verfährt dabei ganz richtig. Jetzt hat er eine bestimmte Hypothese um sein „Ja“ oder „Nein“ zu befragen. Dennoch hat ihn seine vorgefasste Meinung so gefangen genommen, dass sie für ihn verhängnissvoll wird.

Schon der saure Geschmack des Obstfleisches und die leicht darzustellende Fruchtsäure brachten ihn auf den Gedanken, dass das Fruchtparenchym ein vorwiegend saurer Körper sei. Um nun die chemische Untersuchung der genannten Körper möglich zu machen, wurde als Vertreter des

Parenchyms Stärke(!), als Repräsentant des Holztheiles Hanf angesehen und die Analyse ergab dann folgendes¹⁾: In beiden Theilen ist ein saurer Saft die Hauptsache; der Holztheil gibt aber ausserdem noch Alkali her, was der Parenchymtheil nicht thut. Der Holztheil gibt also das alkalische Salz her, was sich in der Pflanze findet. Dagegen sollen die „schwefligen“ und „öligen“ Bestandtheile im Parenchym vorherrschen — selbsredend ein unbrauchbares Experiment.

Während alles bisher Erörterte als für den damaligen Stand der Naturwissenschaften correct zu bezeichnen ist, so führt uns Grew nunmehr auf ganz andere Gebiete, in denen wir den Faden sicherer Induction verlieren. Der oft erwähnte Gedanke, dass zwischen Form und Stoff eine innige Beziehung walten müsse, veranlasst ihn jetzt, sich klar zu machen, warum gerade ein bestimmter Stoff eine bestimmte Form verlange. Mit andern Worten, er versucht aus der Form eines Organs auf die Form der Atome desjenigen Stoffes zu schliessen, welcher die betreffenden Organe bildet. Und hier wird sich zeigen, wie ganz unwillkürlich Grew's Gedanken in die Corpuscular-Theorie des Descartes einmünden.

Schon in seinen physikalisch-chemischen Abhandlungen hat Grew von der Form der verschiedenen Atome gehandelt. Und wenn man auf dem Standpunkte steht, anzunehmen, dass verschiedene chemische Qualitäten der Körper nur durch verschiedene Mischung ihrer Atome bedingt sind, dann wird als unterscheidendes Merkmal der Atome selbst in der That nur noch die Form übrig bleiben. Wenn Grew daher mit Descartes nur einen Stoff annähme, so würde er mit Descartes nur die Form als Unterschied der Atome verschiedener Stoffe chemisch anerkennen können. Nach Grew gibt es aber unzählige Stoffe. Einem jeden solchen Stoffe entspricht eine bestimmte Art von Atomen. Diese Atome selbst sind aber in keiner für uns wahrnehmbaren Weise unterschieden. Diesem Begriff der Atome wird nun in scharfsinniger Weise der Begriff der Principles gegenübergestellt,

1) Idea p. 20.

obgleich er in derselben Abhandlung¹⁾ zuerst mit dem des Atoms identisch erscheint. Es sollen nämlich unter den zahllosen Atomen einige „die Herrschaft führen“. Und um die Subordination der grossen Menge der übrigen Atome unter diese wenigen einzelnen zu ermöglichen, so bequemen sich alle übrigen der Form und Grösse dieser „herrschenden“ Atome an. Dadurch entsteht nun der Begriff der „Principels“. Nehmen wir z. B. an, es gäbe 4 oder 5 „herrschende“ Atomarten, so theilt sich die ganze andere Schaar der Atome in ebenso viele Heerlager als es „herrschende“ gibt. Und jedes Atom nimmt nun die Form und Grösse des betreffenden „herrschenden“ Atoms an, dem es selbst beigeordnet ist. Das Gleichniss dürfte in Grew's Sinne das Verhältniss der unzähligen Atome zu den wenigen Principels klar machen. „Diese Subordination, sagt Grew, bedeutet keineswegs ein im Stichlassen der eigenen Natur, sondern nur das Erscheinen unter äusserlicher Gestalt und gewissermassen dem Kleide des herrschenden Principels.

Es ist dies also immerhin ein Versuch, das Verhältniss des Elementes, denn das haben wir hier wohl unter Principle zu verstehen, zu dem Begriffe des Atomes klar zu legen.

Die Zahl dieser Elemente aber bestimmt Grew nirgends genauer und er bildet sich auch wohl nicht ein, sie zu kennen. Er trägt eben hier seiner Zeit Rechnung, die eine Zeit des Ueberganges ist. Das Dogma der vier aristotelischen, der drei paracelsischen und der zwei iatrochemischen Elemente war entwerthet und etwas neues konnte noch nicht an die Stelle gesetzt werden. So tanzen denn diese verschiedenen Elemente bunt durch einander.

So wie nun Grew die bestimmte Frage beantworten will, welche Form denn z. B. das Oel oder das Salz (diese galten ja damals auch als Elemente) seinen ihnen untergeordneten Atomen verleihen, so bewegt er sich in Descartes Ideengänge. Er spricht von runden Theilchen des Oels und von eckigen des Salzes. Und wer erinnert sich nicht an die in der Einleitung citirte Stelle des Cartesius, wenn er

1) Discourse of Mixture, Anat. p. 223.

2) Anatomy p. 224.

liest¹⁾: „Die Theilchen des Salzes oder Oeles sind kugelig und von Löchern durchbohrt. Die Salztheilchen stecken darin wie die Speichen in der Nabe eines Rades oder wie die Stacheln in der Haut eines Stachelschweines.“ Und später fährt Grew fort: „Aus demselben Grunde werden auch beissende und scharfe Pflanzen, wenn man sie in einer Flasche mit Wasser verkorkt, in einen Keller oder sonst an einen kühlen Ort stellt, in wenigen Tagen sauer, und dieselbe Gährung sättigt zugleich das Salz und entwaффnet den Schwefel.“ Diese Probe mag genügen, um Grew's Vorstellung vom Trennen einer chemischen Verbindung klar zu legen. Es gibt hier keine anderen Kräfte als die des Druckes und der Berührung. Das eine Atom ist im andern mechanisch befestigt und wird mechanisch herausgegriffen. Das ist ganz im Cartesianischen Geiste gedacht. An einer andern Stelle²⁾ beschreibt er sogar ausführlich die Arten einer derartigen Verbindung von Atomen:

1) Durch Berührung in einem Punkte oder mit einer kleinen Stelle; so wenn zwei kugelige oder sonst höckerige Atome sich begegnen.

2) Durch Berührung in einer Fläche, wie bei der Verbindung der Seiten dreieckiger oder viereckiger oder sonst flacher Atome.

3) Durch Berührung in einer Vertiefung; so wenn ein Atom in die Höhlung oder Vertiefung eines andern eingefügt ist, wie der Hahn in das Fass.

„Das erste mag Apposition, das zweite Application, das dritte Intrusion genannt werden.“

Jedoch nicht weiter folgen wir dem Chemiker Grew. Kehren wir zur Physiologie zurück.

In dem „Holztheil“, so haben wir gehört, ist vorwiegend alkalisches Salz vorhanden. Dies Salz wird daher vorwiegend die Form der Saftgefäße bestimmen. Dasselbe ist nicht sehr beweglich und schiesst daher zu einer länglichen Form an³⁾,

1) Discourse of Fasts.

2) Discourse of Mixture, Anat. p. 226.

3) Das Folgende findet sich am klarsten Anat. Book p. 86 u. 87 und Book III p. 136.

um welche sich dann die anderen Bestandtheile „wie die Seide um die Form eines Knopfes“ herumsetzen. Die öligen Bestandtheile bedingen die Rundheit der Gefäße. Wenn sie fehlen, so werden die Gefäße eckig. Die spirituellen Bestandtheile endlich, als die beweglichsten, bleiben im Innern und halten die Gefäße hohl (vergl. das in der Einleitung über Descartes Gesagte). Die Vereinigung aller dieser Elemente bildet also längliche, im Querschnitt rund erscheinende Röhren. Für die auch zum Holztheil gehörenden Luftgefäße kommt nun noch das Luftsalz hinzu. Dasselbe soll aus gekrümmten, elastischen Theilchen bestehen, welche eben die Elasticität der Luft bedingen. Liegen sie an einander, so bilden ihre Krümmungen eine Spirallinie, mit welcher jedoch die zu graden Linien neigenden Theilchen des alkalischen Stoffes in Conflict treten, und so zeigt dann die Spirale, je nachdem diese oder jene Theilchen in der Uebersahl vorhanden sind, engere oder weitere Windungen.

Die Parenchymzellen endlich bestehen aus viel Säure, wenig Oel, Schwefel und meist aus Spirituellen. Die ersten bedingen die fibröse Zusammensetzung, das zweite die Rundheit, die dritten die Hohlseite der Zellen.

Am ausführlichsten schildert Grew diesen Aufbau der Organe aus Principles in der Anatomie der Blätter²⁾. Es wird hier die Entstehung der Blattform aus 4 Salzarten dargestellt und in der ernsthaftesten Weise eine derartige Entstehungstheorie als ebenso sicher als das Crystallisations-Princip im Mineralreich angesehen. Ja eine höchst ergötzliche Tafel²⁾ zeigt sogar, wie die in zierlichster Weise gezeichnete Krystalle von „Marine-Salt“, „Nitrous-Salt“, „Alkalium-Salt“ und „Acid-Salt“ auf die allernatürlichste Weise zum Rippenskelett des Blattes zusammensetzen. Es ist aber wohl um so weniger nöthig, auf diese Proben geistreichen Unsinns näher einzugehen, als es die historische Gerechtigkeit wohl verlangt, dass man veraltete Theorien in Bezug auf ihre sinnreichen Grundgedanken würdigt, aber nicht, dass man sich über ihre lächerlichen Auswüchse lustig macht.

1) Anatomie Book IV p. 167—160.

2) Tab. LIII.

Sehen wir vielmehr zu, wie Grew nun seinen „Lebenssaft“ durch das fertig aufgerichtete Gerüst von Zellen und Gefässen circuliren lässt.

Zuvor sei jedoch noch erwähnt, dass die Principels, auch nachdem sie zum Aufbau der Pflanze verwendet sind, noch unter dem Einfluss derjenigen Medien stehen, von denen sie umgeben sind. So übt z. B. die Luft eine Anziehungskraft auf die Principels der Luftgefässe aus, welche aus den „Luftsalzen“¹⁾ genommen sind. Es ist diese in mystischer Zug, der in Grew's sonst so exact ausgeführtes System eingreift. Anziehende Kräfte sind ihm sonst unbekannt. Es soll z. B. dieser Anziehungskraft zugeschrieben werden, dass die Luftgefässe mitunter der Peripherie des Stengels näher gerückt sind, während dies manchmal die entgegenstehende Kraft des Gefässes oder die zu grosse Dicke der Rinde verhindert. Derartige Ansichten werden mit entsetzlicher Breite ausgeführt²⁾.

Nun zur Saftcirculationslehre Grew's. Regen³⁾ und Sonnenschein haben den Boden vorbereitet. Der Regen hat die Bestandtheile der oberen Erdschichte in die Tiefe gewaschen; die Sonne hat eine Gährung bewirkt; faule Blätter und andere organische Bestandtheile haben ihren Saft mit dem Boden vermischt und die Luft hat vermöge ihrer elastischen Kraft alles in die Tiefe gepresst. Endlich hat der Winter „die Thüre dahinter zugeschlossen“, welche der Frühling nur zu öffnen braucht. Die Wurzel im Grunde saugt den Saft ein „wie ein Schwamm“. Dieser steigt, die bekannten Destillationsprozesse durchmachend, in die „Saftgefässe“ und indem er die Zellen- und Gefässwände durchströmt, welche vermöge ihrer faserigen Structur wie ein feines mikroskopisches Gitterwerk wirken, reisst er ihm Zukommendes an sich und setzt andere Bestandtheile, welche der Zellenwand zukommen, ab. Ein Theil des Saftes dringt auch in die Spiralgefässe, vermischt sich mit der in ihnen enthaltenen Luft und bildet so das „Aerial ferment“. Der immer neu von unten

1) Solution of salts in water, Anat. 267.

2) Book VI p. 88—90, Book III p. 120.

3) Book II p. 82.

heraufdringende Saftstrom treibt den älteren immerwährend in das Mark, wo er, von Rinde und Bast geschützt, aufbewahrt wird. Dies ist jedoch nur der Weg, den der Saft in der Wurzel nimmt. Im Stamm steigt er in die Rinde, in's Mark und in's Holz. Nicht bei allen Pflanzen jedoch steigt er in's Holz. Wenn es aber überhaupt geschieht, so beschränkt sich dieser Vorgang auf einen Monat und zwar den März oder den April. Später tritt der Saft in die Rinde über und durchströmt die eigentlich für ihn bestimmten Saftgefässe. Da diese Gefässe von kleinen Parenchymzellen wie von kleinen Cisternen allseits umgeben sind, so wird von diesen ein beständiger Druck ausgeübt, und daher kommt es, dass ein abgeschnittener Zweig blutet.

Auch die Frage nach der Ursache legt sich Grew vor und findet dieselbe zunächst in der Capillarität. Dieses gelehrte Wort wendet er zwar nicht an; aber er führt die Erscheinung des Saftsteigens auf dieselbe Ursache zurück wie das bekannte Phänomen, dass die Poren eines Schwammes oder eines Stückes Papier Feuchtigkeit aufsaugen. Er sagt sich aber bald selbst, dass diese geringe Kraft nicht ausreicht, den Saft durch hohe Baumstämme hinaufzuheben. Er sucht daher eine andere Ursache in dem schon erwähnten Druck der umgebenden Parenchymzellen.

Morphologie und Entwicklungsgeschichte.

Dass Grew die äussere Form in übertriebener Weise oft betont, geht schon aus seiner Fünfstufenmethode hervor; denn die unterste Stufe der Forschung ist ja ganz speciell der äusseren Form und der Beobachtung mit blossen Auge gewidmet. Dass hierdurch unter viel Unrichtigem auch manches Interessante zu Tage gefördert wird, leuchtet ein. Schade ist nur, dass Grew den Gedanken, durch diese Studien ein natürliches System zu schaffen, nicht ausgeführt hat: es war eben zu viel für einen Menschen. Eigenartig sind besonders seine Untersuchungen über die Blätter. Nachdem er die zahlreichen Schutzeinrichtungen der Blätter geschildert, geht er auf ihre mathematischen Verhältnisse ein und stellt zwei Hauptsätze auf:

- 1) Alle Blattformen lassen sich durch Kreise darstellen.
- 2) Der Durchmesser dieser Kreise ist immer der Hauptachse gleich oder entsteht durch Addition oder Subtraction ganzer Zahlen.

Mit staunenswerther Sorgfalt hat er auf Tab. 44—47 diese Gesetze durch Bilder zu bewahrheiten und zu veranschaulichen gesucht. Ueber den Bau der Blüthe ist er auch wohl unterrichtet. Die Staubgefäße, die er als „attire“ bezeichnet, hat er genau studirt, und die Compositen-Blüthe, wie schon aus der Besprechung des ersten Buches ersichtlich war, richtig erkannt. Er stellt sie als „florid attire“ den semiformen Staubgefäßen gegenüber. Dagegen haben wir einen Fortschritt in der physiologischen Deutung der Blüthe zu constatiren; er ahnt jetzt die Wichtigkeit derselben für den Geschlechtsprozess der Pflanzen. Während er in Uebereinstimmung mit Malpighi das Hervorbrechen als einen der Menstruation entsprechenden Vorgang ansieht, so erklärt er dagegen das Aufbrechen der Antheren und das Ausstreuen des Pollens als eine Bereitung männlichen Geschlechtsstoffes. Ja, er erklärt die Pollenkörner direct für „Spermen“ und schliesst seine Betrachtung mit dem Ausspruche, dass die Pflanzen nicht nur den Thieren ähneln, sondern Thiere seien.

Entwicklungsgeschichtlich¹⁾ kommt Grew jetzt zu denselben Resultaten wie Malpighi und zweifellos hat der Engländer hier von dem Italiener gelernt. Er bildet jetzt eine durchschnittene Aprikose deutlich mit allen ihren Theilen ab, den Embryo nennt er Samen und betrachtet alles andere, auch die Frucht, als Umhüllungen des Embryo. So nennt er das Pericarp die obere Hülle um den Samen. Er zeichnet dasselbe als aus Zellen bestehend, indem er deutlich das Endocarp als „close parenchyma“ dem Mesocarp als „pulp or open parenchyma“ gegenüber stellt. Nach Innen zu folgt auf das Pericarp die Samenhaut, welche Grew als „outer membrane“ bezeichnet. Merkwürdigerweise wird nun das Nuclear-Gewebe als mittlere Haut (middle membrane) betrachtet. Grew erwähnt, dass dasselbe ursprünglich ein schwammiges und saftiges Parenchym sei, später aber zu einer trockenen

1) An. of pl. p. 195—212, anat. of seeds, tab. 82.

Haut zusammen schrumpfe. Innere Haut heisst nun endlich der Embryosack, welcher wieder den schlauchförmigen nicht mit Endosperm gefüllten Anhang zeigt, den Malpighi bei *prunus amygdalus* zeichnet.

Wenn es auch über jeden Zweifel erhaben ist, dass Grew durch Malpighi's bessere Untersuchungen auf die richtige Fährte geleitet worden ist, so liegt doch hier keineswegs ein Plagiat vor. Grew's Abbildung, Beschreibung und Terminologie sind völlig unabhängig von Malpighi entworfen, wie er denn auch ein anderes Untersuchungsobject gewählt hat.

Seine Theorie von der Ernährung des Embryo und der Entstehung der Zellen ist im Wesentlichen dieselbe geblieben.

Schluss.

Es ist selbstverständlich, dass durch diese Besprechung der reiche Inhalt der Schriften des Grew und Malpighi nicht erschöpft werden kann. Es sollte nur in grossen Zügen der Geist aus den Werken der beiden Forscher wiedergegeben und an der Hand der historischen Daten gezeigt werden, in welcher Weise zwischen den Jahren 1671 und 1682 die Wissenschaft der Pflanzen - Anatomie begründet wurde, welche durch die einander ergänzende Thätigkeit zweier verschieden begabter Forscher in der Jugendzeit der Mikroskopie in auffallender Vollendung hergestellt wurde, und bald darauf während eines Säkulum's in einen tiefen Schlaf verfiel, bis erst unser Jahrhundert sie wieder zu neuer ungeahnter Blüthe erweckte.

Verzeichniss der citirten Literatur.

1. Descartes. Principia philosophiae (v. Kirchmanns Uebersetzung in d. philos. Bibl.: Descartes philosophische Werke. Berlin 1870. Heimann).
 2. Grew, Nehemia. Anatomy of plants. London 1667.
 3. Hooke, Robert. Mikrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. London 1667.
 4. Jessen, Carl F. v. Botanik der Gegenwart und Vorzeit in culturhistorischer Entwicklung. Leipzig. Brockhaus. 1864.
 5. Kopp, H. Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843.
 6. Lange, Fr. A. Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart. 3. Aufl. Iserlohn. Baedeker. 1876.
 7. Malpighi, Marcello. Opera omnia. London. Scott et Wells. 1686. (Nach dieser Ausgabe sind die in der vorliegenden Arbeit angeführten Stellen citirt, nicht nach der Leydener Ausgabe (Lugduni Batavorum. Vands 1687)).
 8. Meyer, E. Geschichte der Botanik. Königsberg 1857.
 9. Pollender. Wem gebührt die Priorität in der Anatomie der Pflanzen, dem Grew oder dem Malpighi? Vortrag, gehalten auf der Naturforscher-Versammlung 1867. Bonn Georgi 1868.
 10. Sachs, Julius. Lehrbuch der Botanik. IV. Aufl. Leipzig 1874. Geschichte der Botanik. München 1875. — Ueber die saure, alkalische und neutrale Reaction der Pflanzen. Botan. Zeitung 1862.
 11. Schleiden, J. Grundzüge der wissenschaftl. Botanik. 1846.
 12. Schulz, C. H. Mémoires présentées à l'acad. de France VII. 1841. Cyclose des Lebenssaftes in der Pflanze. — Nova acta A. N. C. XVIII p. 2. 1841.
 13. Schwendner. Das mechanische System.
 14. Thomsen, Th. History of the Royal Society. London 1812.
 15. Westermeyer, M. Zur Kenntniss der osmotischen Leistungen des lebenden Parenchyms. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Nr. I. 1883.
-

Inhaltsverzeichniss.

Einleitung	1—18
1. Nehemia Grew	18—19
2. Grew's erstes Werk	19—40
Anatomie	25
Physiologie	28
Entwicklungsgeschichte	36
3. Malpighi schickt seine „Idea“ ein	40—45
4. Grew's „Idea“	45—48
5. Malpighi's botanisches Hauptwerk	49—68
Anatomie	51
Physiologie	58
Entwicklungsgeschichte	63
6. Grew's fernere Werke	68—87
Anatomie	71
Physiologie	74
Morphologie und Entwicklungsgeschichte	85
Schluss	87

Lebenslauf.

Geboren wurde ich Ludwig Adalbert von Hanstein, evang. Confession, Sohn des verstorbenen Geh. Reg.-Raths Prof. Dr. Johannes von Hanstein und der Helene geb. Ehrenberg am 29. November 1861 zu Berlin, wo mein Vater damals als Custos am Königl. Herbarium und als Docent an der Friedrich - Wilhelms - Universität thätig war.

Nachdem derselbe im Jahre 1865 einem Rufe als ordentlicher Professor an die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn gefolgt war, erhielt ich dort meine erste Ausbildung durch Privat-Unterricht und trat später im Jahre 1872 im Herbst in die Quinta des Königl. Gymnasiums daselbst ein. Nachdem ich zu Ostern des Jahres 1881 dieselbe Anstalt mit dem Zeugnis der Reife verlassen, widmete ich mich von Ostern 1881 bis Ostern 1883 an der Königl. Friedrich - Wilhelms - Universität zu Berlin und von Ostern 1883 bis Ostern 1884 an der Rhein. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn dem Studium der Naturwissenschaften. Ostern 1884 nach Berlin zurückgekehrt, habe ich, ohne ferner immatriculirt zu sein, meine Zeit der Fortsetzung meiner Studien sowie der Ausarbeitung der vorliegenden Arbeit gewidmet.

Während meines akademischen Trienniums waren meine Lehrer die Herren:

Ascherson, du Bois-Raymond, Eichler, Finkner, Landold, Palzow, Rammelsberg, Schwendener, Wangerin und Zeller in Berlin;

Hertwig, von Lasaulx, Meyer, Nussbaum,
Pflüger, Rein, Strasburger, von la Valette
St. George in Bonn.

Allen diesen meinen hochverehrten Lehrern sage ich
hierdurch meinen Dank.

Ganz besonders aber fühle ich mich Herrn Hofrath
Prof. Dr. Strasburger, sowie Herrn Prof. Dr. Bona Meyer
verpflichtet, welche mich bei Anfertigung der vorliegenden
Arbeit mit ihrem Rathe freundlichst unterstützten, sowie
Herrn Prof. S. Schwendener in Berlin, durch dessen
freundliches Entgegenkommen mir die Benutzung der Kö-
nigl. Bibliothek wesentlich erleichtert wurde.

Thesen.

- 1) Bei dem Befruchtungsakt ist der Zellkern der einzige Ueberträger der erblichen Eigenschaften.
 - 2) Das Wachsthum der Zellhäute lässt sich in vielen Fällen durch Annahme eines Wachstums durch Apposition besser und einfacher erklären als durch Annahme eines Wachstums durch Intussusception.
 - 3) Das Studium der Pflanzen-Geographie ist mit dem Studium der biologischen Erscheinungen, namentlich mit dem Studium des Einflusses der Standortbedingungen auf die Gewächse zu verbinden.
 - 4) Die Classe der Fische kann den übrigen Classen der Wirbelthiere nicht als gleichartig an die Seite gestellt werden. Sie ist vielmehr aufzulösen.
 - 5) Die Descendenz der Arten ist durch die Hypothesen vom „Kampf ums Dasein“ und von der geschlechtlichen Zuchtwahl nicht genügend erklärt. Es muss daher nach weiteren Erklärungsgründen für diese durch ein reiches Thatachenmaterial bewiesene Theorie gesucht werden.
-

Thesen.

- 1) Bei dem Befruchtungsakt ist der Zellkern der einzige Ueberträger der erblichen Eigenschaften.
 - 2) Das Wachsthum der Zellhäute lässt sich in vielen Fällen durch Annahme eines Wachsthum durch Apposition besser und einfacher erklären als durch Annahme eines Wachsthum durch Intussusception.
 - 3) Das Studium der Pflanzen-Geographie ist mit dem Studium der biologischen Erscheinungen, namentlich mit dem Studium des Einflusses der Standortsbedingungen auf die Gewächse zu verbinden.
 - 4) Die Classe der Fische kann den übrigen Classen der Wirbelthiere nicht als gleichartig an die Seite gestellt werden. Sie ist vielmehr aufzulösen.
 - 5) Die Descendenz der Arten ist durch die Hypothesen vom „Kampf ums Dasein“ und von der geschlechtlichen Zuchtwahl nicht genügend erklärt. Es muss daher nach weiteren Erklärungsgründen für diese durch ein reiches Thatachenmaterial bewiesene Theorie gesucht werden.
-

Hanstein, Adalbert <<von>>,

Über die Begründung der Pflanzenanatomie durch Nehemia Grew und Marcello
Malpighi

1886

Phyt. 32 ix#Beibd.4

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11882344-9